

Aus der Hautklinik der Städtischen Kliniken in Dortmund

Direktor: Professor Dr. med. Hagen Tronnier

VERGLEICHENDE MESSUNGEN DER HORNSCHICHTHYDRATA-
TION UND ENTZÜNDLICHER EPIDERMALER VERÄNDERUNGEN
MIT VERSCHIEDENEN METHODEN

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fachbereiche

5 Vorklinische und Theoretische Medizin und

6 Klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Eckhard Tielke

aus Dortmund

1980

Aus der Hautklinik der Städtischen Kliniken in Dortmund

Direktor: Professor Dr. med. Hagen Tronnier

VERGLEICHENDE MESSUNGEN DER HORNSCHICHTHYDRATA-
TION UND ENTZÜNDLICHER EPIDERMALER VERÄNDERUNGEN
MIT VERSCHIEDENEN METHODEN

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fachbereiche

5 Vorklinische und Theoretische Medizin und

6 Klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster



vorgelegt von

Eckhard Tielke

aus Dortmund

1980



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster

Dekan Professor Dr. H. Themann

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Tronnier

2. Berichterstatter: Professor Dr. E. Macher

ZUSAMMENFASSUNG

Eckhard Tielke

VERGLEICHENDE MESSUNGEN DER HORNSCHICHTHYDRATATION UND ENTZÜND- LICHER EPIDERMALER VERÄNDERUNGEN MIT VERSCHIEDENEN METHODEN

Die Untersuchungen galten der Frage, wie bei paralleler Anwendung an gleichem Patientengut das Bingmergerät, das Niederfrequenzgerät, das Evaporimeter und das Resonanzfrequenzgerät Hydrations- bzw. Austrocknungszustände auf der einen und Konsistenzänderungen auf der anderen Seite wiedergeben würden. Es zeigte sich, daß bei der Messung von Hydrationszuständen der Hornschicht das Resonanzfrequenz- und das Bingmergerät übereinstimmend den Quellungs-
zustand innerhalb der Hornschicht erfaßten, während das Niederfrequenzgerät und das Evaporimeter lediglich Veränderungen an der Hautoberfläche (Feuchtigkeitsgehalt und Verdunstungsrate) wiedergaben, die nur eine bedingte Aussage über den Quellungs-
zustand der Haut erlauben. Sie sind dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät in ihrer Aussagekraft deutlich unterlegen. Austrocknungszustände der Haut lassen sich nur mit dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät nachweisen.

Bei der Messung von Konsistenzänderungen der Epidermis auf Grund einer Psoriasis vulgaris wurde wiederum eine Korrelation zwischen Bingmergerät und der Resonanzfrequenzmessung festgestellt, wobei sich die durch das Bingmergerät erfaßte Austrocknung der Haut unter der Therapie vollständig zurückbildete, während die noch erhöhten Werte der Resonanzfrequenz gegen Ende der Therapie zum Ausdruck brachten, daß bei den Patienten mit chronischer Psoriasis die entzündlichen Prozesse nicht vollständig zum Rückgang gebracht werden konnten. Die Verfolgung dieser pathologischen Hautzustände unter der Therapie ist mittels der hier geprüften vier Geräte nur mit dem Resonanzfrequenzgerät möglich. Ergänzende Funktion haben das Bingmergerät (Verfolgung der Austrocknung der Haut) sowie das Evaporimeter, mit dem eine erhöhte Wasserabgabe von der Haut bei entzündlichen Hautprozessen nachgewiesen werden konnte.

Diese Ergebnisse gelten ebenso für das chronische Ekzem. Lediglich das Bingmergerät verhielt sich abweichend. Im Unterschied zur Resonanzfrequenz zeigten seine Werte keine Besserung an, d. h. die Austrocknung der Haut besonders bei endogenem Ekzem erwies sich als therapieresistent. Durch dieses von der Resonanzfrequenzmessung abweichende Verhalten des Bingmergerätes wurde deutlich, daß das Bingmergerät lediglich auf den Wassergehalt in den oberen Hornschichten anspricht, Konsistenzveränderungen der Epidermis dagegen keinen Einfluß auf die Meßergebnisse haben.

Tag der Promotion: 13. Mai 1980



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555410_0011

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Fragestellung	4
Methodenbeschreibung	5
Versuchsablauf	10
A) Messung unterschiedlicher Hydratationszu- stände der Epidermis und Methodenvergleich	10
B) Messung von pathologisch veränderter Haut und Methodenvergleich	32
1. Psoriasis vulgaris	32
2. Chronische Ekzeme	42
Diskussion der Untersuchungsergebnisse	50
a) Die einzelnen Methoden bei Hornschichthydra- tation mittels eines Wasserbades	50
b) Die einzelnen Methoden bei Hornschichthydra- tation mittels einer W/O-Emulsion	51
c) Besprechung der Ergebnisse bei experimentell erzeugten Austrocknungszuständen der Haut	53
d) Die einzelnen Methoden bei Psoriasis vulgaris	53
e) Die einzelnen Methoden bei chronischen Ekzemen	55
Zusammenfassung	58
Literaturverzeichnis	60
Lebenslauf	65

EINLEITUNG

Der Wassergehalt des stratum corneum ist sowohl für die Wirksamkeit dieser Schicht als mechanisches Schutzorgan des Körpers (Abhängigkeit der Elastizität der Haut vom Wassergehalt) (10) als auch für die Regulation der Wasserabgabe bzw. -aufnahme der Haut wichtig (21).

Mit der Stripping-Methode (schichtweiser Abzug des stratum corneums mittels eines Klebestreifens) fanden MONASH und BLANK (18), daß die Schranke gegen erhöhten Wasserverlust im unteren Drittel des stratum corneum liegt. Sie entspricht der "Barriere" (stratum corneum conjunctum) von SZAKALL (20). Über dieser Barriere liegen die oberen Zweidrittel des stratum corneum als Isolationsschicht und darüber die äußere Trennungsschicht in Form eines Lipid-Wassersystems (21). Dieses System besteht im wesentlichen aus dem Hauttalg (11), in dem benetzungsfördernde und emulgierende Stoffe enthalten sind (X-Stoffe nach SCHNEIDER und JACOBI) (14, 8). Zusammen mit den Substanzen, die in der Isolationsschicht im Keratin wasserbindend wirken, werden sie als NMF (natural moisturing factor) bezeichnet, wobei es sich um chemisch sehr unterschiedliche Substanzen handelt. In das Keratin der inneren Trennschicht (Barriere) sind Lipide vom Cholesterincharakter eingelagert, die wahrscheinlich gegen die Wasserdiffusion nach außen wirksam sind. Dieses gesamte System dient der Hemmung der Wasserabgabe nach außen ebenso wie der Aufrechterhaltung eines ausreichenden Wassergehaltes des stratum corneum (21).

Diesen im wesentlichen experimentell in vitro herausgefundenen Verhältnissen der Wasserregulation entspricht die Wasserverteilung in den einzelnen Hautschichten: unterhalb der Barriere und im oberen Corium findet sich der höchste Wassergehalt (beide Schichten ca. 70 % bezogen auf den relativen Gewichtsanteil der jeweiligen Schicht), während das stratum

corneum demgegenüber relativ wasserarm ist (2 %). Durch Quellung kann es jedoch seinen Wassergehalt bis auf 50 % erhöhen (21).

Das den Feuchtigkeitsgehalt der Haut bestimmende oben beschriebene Lipid-Wasser-System kann durch äußerliche Einwirkung von Lösungen, Salben, Cremes, Waschmitteln etc. einerseits im Sinne einer Schädigung, andererseits durch therapeutische Maßnahmen beeinflusst werden. JÄGER (9) wies im Zusammenhang mit Arbeitsschutzsalben schon 1936 auf die durch alkalisches Milieu hervorgerufene Quellung der Haut hin, die "das offene Tor für viele schädigende Stoffe der Arbeitsumgebung bedeutet" (9).

Mit diesem Problem haben sich seitdem zahlreiche Veröffentlichungen beschäftigt, z. B. Untersuchungen mit der Alkalineutralisation der Haut (24, 26). Dabei stellte sich unter anderem heraus, daß eine vollständige Quellung des stratum corneum die Haut in die Lage versetzt, aus tieferen Schichten neutralisierende Stoffe nachzuliefern, die einen Alkaliinsult ausgleichen (24).

Beim Seborrhoiker konnte schon, bevor experimentell ein gegenüber dem Sebestatiker erhöhter Wassergehalt der Haut bei erhöhter Talgsekretion (bessere Benetzbarkeit der Haut) nachgewiesen wurde, klinisch eine größere Anfälligkeit gegenüber Sensibilisierungen durch wasserlösliche Stoffe und gegenüber bakteriellen und mykotischen Infektionen beobachtet werden (21, 15, 13). Die Kenntnisse über diese Zusammenhänge führten u. a. zu der differenzierten Therapie bei seborrhoischen bzw. sebestatischen Hautzuständen.

Da dieses Lipid-Wasser-System als Regulationsorgan des Wasserhaushaltes der Haut somit große Bedeutung für die Hautpflege, Hautreinigung und Therapie von Hautkrankheiten hat (13), ist es wichtig, über objektive Messverfahren zu verfügen, mit denen man in vivo den Hydratationszustand

der Haut erfassen kann.

Im ersten Teil dieser Arbeit soll daher in einer vergleichenden Untersuchung geklärt werden, wie das Bingmergerät (Messung der Dielektrizitätskonstanten der Haut), das Niederfrequenzgerät (Messung des Wechselstromwiderstandes der Haut), das Evaporimeter (Messung der Wasserverdunstung von der Hautoberfläche) und das Resonanzfrequenzgerät (Messung der Frequenzleitfähigkeit der Haut) bei paralleler Anwendung an dem gleichen Patientengut und unter konstanten Versuchsbedingungen experimentell erzeugte Quellungs- und Austrocknungszustände der Haut wiedergeben.

Da es zumindest für die Resonanzfrequenz bekannt ist, daß sie auch von Konsistenzänderungen der Epidermis beeinflußbar ist (28), soll im zweiten Teil der Arbeit dieser Einfluß auf die oben genannten Methoden überprüft werden. Es wurden dazu pathologische Hautzustände bei Psoriasis vulgaris und chronischem Ekzem gemessen.

Biologische Elastizität umfaßt nach SCHADE (19) die physikalische Elastizität, den Spannungszustand und den Wassergehalt der Haut. Feste Anteile (Hornschicht, Fasern, Membranen, Gefäßwände) und flüssige Anteile der Haut beeinflussen diese biologische Elastizität, die definiert ist als die Eigenschaft biologischer Substrate, zeitabhängig und reversibel deformierbar zu sein (19).

Bei Psoriasis vulgaris führt die Steigerung der Mitoserate, also Zellproliferation, zu einer Verbreiterung der Epidermis bei einer Verkürzung sowohl des Zellzyklus der psoriatischen Zellen von 460 bei normaler Epidermis auf nur 37 Stunden als auch des Turnover von 28 auf nur 4 Tage. Zusätzlich wirkt die leukozytäre Infiltration der Epidermis (32). Die Verbreiterung der Epidermis führt zu einer Verminderung der Elastizität um

ca. 15 bis 20 % gemessen mit dem Elastometer nach SCHADE (12).

Ebenfalls eine Verminderung der Elastizität gibt derselbe Autor für verschiedene Ekzeme an (von 15 % bis 20 %), die in ihren chronischen Formen histologisch ebenfalls mit einer Verbreiterung der Epidermis einhergehen (32).

FRAGESTELLUNG

Die Untersuchungen galten folgenden Fragen:

Teil 1

- a) Mit welcher der oben angegebenen Methoden werden Quellungs- bzw. Austrocknungszustände der Haut am besten erfaßt?
- b) Lassen sich zwischen den Ergebnissen der Einzelgeräte Beziehungen herstellen?
- c) Ist über die kombinierte Anwendung der Methoden eine differenziertere Aussage über den Wassergehalt der Haut möglich?

Teil 2

- a) Welche Ergebnisse finden sich bei der Messung chronisch entzündlicher epidermaler Hautveränderungen mit den einzelnen Methoden?
- b) Welche Methode macht am ehesten eine zum klinischen Befund korrelierende Aussage?
- c) Lassen sich Beziehungen zwischen den einzelnen Methoden herstellen?

METHODENBESCHREIBUNG

In einer Veröffentlichung von H. TRONNIER (22) sind in einem Schema die Punkte angegeben, wo zweckmäßigerweise Feuchtigkeitsänderungen der Haut gemessen werden sollten. Dabei ist zu unterscheiden die Messung der Wasserabgabe von der Haut, die des Wassergehaltes an der Hornschichtoberfläche und die des Wassergehaltes in der Hornschicht.

Für diesen Komplex der Messungen gibt es verschiedene Methoden, die unterschiedliche Parameter der Haut wiedergeben.

1. Messung der Wasserabgabe von der Haut

Die Feuchtigkeitsabgabe der Haut an die umgebende Luft wird nach dem Verfahren von W. GREUER und L. PEUKERT sowie P. SCHÖLMERICH und G. HILDEBRANDT durch Messung der relativen Luftfeuchtigkeit mittels der Bestimmung der Widerstandsänderung an einem Halbleiter ermittelt. BETZ koppelte diese Methode noch mit einer gleichzeitigen gravimetrischen Bestimmung der Feuchtigkeit (Bindung an Calciumchlorid) (7, 16, 1). Hingewiesen sei auch auf das Meßverfahren unter Verwendung von El-Tronics-Elementen (ein Luftfeuchtigkeitsmesser aus Polystyrol auf den eine Halbleiterschicht auf beide Seiten aufgedampft ist) (27). Statt El-Tronics-Elementen nahm WAGENER (29) ein mit Lithiumchlorid getränktes Gewebestück. Besonders mit den El-Tronics-Elementen ließen sich in einer Untersuchung TRONNIER'S (27) quantitativ gute Ergebnisse erzielen.

In dieser Arbeit wurde für die Erfassung der Wasserabgabe der Haut das Evaporimeter der Firma Colora verwendet. Es arbeitet nach dem Prinzip der Wasserdiffusion von einer Fläche in die umgebende Luft. Die Sonde des Gerätes enthält eine Fühleranordnung. In zwei von der Oberfläche aus ver-

schiedenen Abständen sind je ein Fühlerpaar zum Messen der relativen Feuchtigkeit (kapazitive Dünnschichtgeber) und der Temperatur (Thermistoren) angebracht. Eine kleine Meßfläche wird durch eine offene zylindrische Kapsel von der Umgebung abgeschirmt. Sie schützt die Meßfläche und die Meßfühler vor äußeren Einflüssen. Die von diesen Fühlern hergeleiteten Signale werden im Gerät erst in Partialdruck für die zwei verschiedenen Ebenen, dann in den Gradienten für Partialdruck und schließlich in die Verdunstungsrate umgerechnet. Sie kann dann über eine Digitalanzeige abgelesen werden. Es können durch Tastendruck drei Meßgrößen abgefragt werden:

1. Die Verdunstung von der Hautoberfläche von 0 bis $1000 \text{ g/m}^2\text{h}$,
2. die relative Luftfeuchtigkeit im Bereich von 0 bis 100 %,
3. der partielle Wasserdampfdruck im Bereich von 0 bis 6,65 KPa (0 bis 50 mm Hg).

Die Linearität der Messung der Wasserverdunstung von der Haut ist bis $200 \text{ g/m}^2\text{h}$ sehr gut (der Korrelationskoeffizient ist besser als 0,997).

Die Messung ist praktisch unbeeinflusst von Änderungen der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit. Der Meßvorgang selbst ist sehr einfach handhabbar: die Meßsonde wird ca. 30 Sekunden auf die Haut aufgelegt. In dieser Zeit hat sich der Meßwert stabilisiert und kann abgelesen werden (4, 3).

2. Messung der Feuchtigkeit an der Hautoberfläche

Für die Messung der Feuchtigkeit an der Hautoberfläche stehen die bekannten kolorimetrischen Methoden zur Verfügung (Bromphenolblau-Test, Kresolrot-Test, Dinitrophenol-Test, Kobaltchlorid-Test) (27). Bei diesen ist jedoch die pH-Abhängigkeit der Indikatorlösung störend und verfälscht die Ergebnisse. Außerdem bereitet die quantitative Auswertung Schwierigkeiten,

wenn die Indikatorlösungen direkt auf die Haut aufgebracht werden.

Darüberhinaus gibt es noch eine indirekte Methode, mit der der Reibungswiderstand der Hautoberfläche als Parameter für die Feuchtigkeit an der Hautoberfläche bestimmt wird (22).

Bei dieser Untersuchung wurde zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Hautoberfläche ein neues von Phillips konstruiertes Gerät benutzt.

Nach H. H. WAGENER (30) besteht das Meßprinzip dieses Meßgerätes darin, daß zwischen mehreren parallel geschalteten, auf einem runden Tastknopf angebrachten Elektroden, der Wechselstromwiderstand der Hautoberfläche gemessen wird. Der Tastknopf hat einen Durchmesser von 17 mm, in den 37 Elektroden eingesetzt sind mit einem Eigendurchmesser von 1 mm, wobei jeweils elektrisch eine differente und eine indifferente Elektrode benachbart sind. Ein Oszillator erzeugt eine Arbeitsfrequenz von ca. 6 KHz. Bei Aufsetzen des Meßknopfes fungiert die Haut als Widerstand zwischen den Elektroden. Dieser Wechselstromwiderstand wird in Skalenteilen auf einem Digitalisierungsgerät sichtbar gemacht. Läßt man den Meßknopf über längere Zeit auf der Haut liegen, steigen die angezeigten Werte kontinuierlich an (laufende Vermehrung von Elektrolyten und Wasser unter dem Meßknopf). Man stellt daher eine feste Zeit am Gerät ein (zwischen 1,5 und 20 Sekunden). In dieser Zeit wird der Wechselstromwiderstand gemessen, integriert und auf dem o. a. Anzeigegerät sichtbar gemacht. Ein Federschalter am Meßknopf sorgt für einen gleichmäßigen Auflagedruck.

Mit diesem Gerät wurden bisher keine systematischen Untersuchungen durchgeführt, und es ist daher auch nicht bekannt, welche Hautparameter den Wechselstromwiderstand der Haut beeinflussen, d. h. welche Hautzustände man mit diesem Gerät erfassen kann.

3. Messung des Wassergehaltes in der Hornschicht

Für die Messung des Quellungszustandes der Hornschicht gibt es die in der Literatur angegebenen zwei Methoden von L. PEUKERT und W. GREUER (5, 6). Es wird dabei einmal der Gleichstromwiderstand der Haut gemessen und zum anderen durch eine Reflexionsmessung der Haut mit einem Photoelement auf den Quellungsgrad geschlossen, da die Quellung der Haut zur Verschiebung der Reflexionsebenen für das Licht führt, was eine Verringerung des Photostrahlflusses bewirkt, die dem Quellungsgrad entspricht. Diese Verfahren seien hier nur erwähnt.

Verwendet wurden in dieser Arbeit die beiden folgenden Methoden:

- a) Zur Messung der Hornschichthydratation steht die von H. TRONNIER und H. H. WAGENER (28) 1952 entwickelte Resonanzfrequenzmessung zur Verfügung, für die seit ca. 1958 die entsprechenden Veröffentlichungen vorliegen, welche ihre Eignung zur Messung von Hydratationszuständen der Hornhaut nachweisen. Sie wird jedoch ebenfalls zur Messung von Konsistenzänderungen der Haut eingesetzt (23, 26, 25).

Das Prinzip der Messung der mechanischen Frequenzleitfähigkeit der menschlichen Haut besteht darin, die Haut über einen Stift mechanisch in Schwingungen zu versetzen, die, über die Haut fortgeleitet, von einem anderen Stift in 5 mm Abstand wiederaufgenommen werden. Dieses System gerät zusammen mit der Haut bei einer bestimmten Frequenz in Resonanz. Einzige Variable in diesem System ist die Haut, so daß diese Frequenz als "Resonanzfrequenz der Haut" bezeichnet werden kann.

Das Resonanzfrequenzgerät setzt sich somit aus zwei Anteilen, einem Sendeteil und einem Empfangsteil zusammen.

Der Sendeteil besteht aus einem Frequenzgenerator, der Frequenzen zwischen 70 und 400 Hertz erzeugt. Dieser Frequenzbereich wird bei Einschalten des Gerätes automatisch durchlaufen, wobei der Zeitraum

variabel eingestellt werden kann. Bei den durchgeführten Versuchen wurde die Frequenzskala in 20 Sekunden durchlaufen. Über ein Magnet-system werden diese elektrischen Schwingungen in mechanische umgewandelt und auf einen Sendestift übertragen, der aus Metall besteht und am Ende mit einer abgerundeten Bernsteinkappe versehen ist, die auf die Haut aufgesetzt wird.

Der Empfangsteil besteht aus einem ebensolchem Stift, der im Abstand von 5 mm vom Sendestift die über die Haut fortgeleiteten Schwingungen wiederaufnimmt. Diese mechanischen Schwingungen werden wieder in elektrische umgewandelt, verstärkt, gleichgerichtet und einem Registriergerät zugeführt. Ein Schreibgerät zeichnet mit einer Laufgeschwindigkeit von 20 cm/Minute die eingehenden Impulse auf. Die Lage des Resonanzfrequenzmaximums wird ausgemessen. Da die Frequenzänderung durch den Frequenzgenerator in der Zeit linear verläuft, entspricht eine bestimmte Strecke einer bestimmten Frequenz. Eine Einschaltzacke markiert dabei den Beginn der Messung.

- b) Außerdem stand zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes und des Wasserbindungsvermögens der Hornschicht das Dermatometer nach BINGMER (2) zur Verfügung.

Das Prinzip der Messung besteht darin, die Dielektrizitätskonstante der Hornschicht zu bestimmen. Als Meßwertaufnehmer dient ein Streufeldkondensator. Das Gerät arbeitet mit einer Frequenz von 9 KHz. Die Haut fungiert als Dielektrikum. Abgelesen wird in Skalenteilen von 1 bis 10. Je größer die Dielektrizitätskonstante ist (Wasser gleich 80, Fett gleich 3) desto größer ist der Ausschlag am Instrument und somit der Wassergehalt der Haut. Die Messgenauigkeit ist besonders hoch im hydrophilen - lipophilen Balancebereich (festgebundenes Wasser), der den Hautverhältnissen analog ist.

Die Resultate, die WINKLER und WÄGENER (31) mit dem Dermatometer 1975 bei einer Überprüfung des Gerätes erzielten, weisen aus, daß das Bingmergerät weitgehend spezifisch auf den Wassergehalt der geprüften Medien anspricht (in vitro-Teste, Studien an excidierter Haut, Untersuchungen am Menschen).

Die Bedienung des Gerätes ist sehr einfach. Der Meßknopf mit dem Streufeldkondensator mit einem Durchmesser von ca. 1 cm wird auf die Haut aufgesetzt, ist jedoch von einem direkten Kontakt mit der Haut durch eine dünne Isolationsschicht getrennt. Ein Federschalter sorgt für konstanten Auflagedruck. Nach 30 Sekunden wird der Bingmerwert in Skalenteilen abgelesen.

VERSUCHSABLAUF

A) Messung der Hornschichthydratation nach Quellung mittels eines Wasserbades und mittels einer Emulsion sowie Messung von Austrocknungszuständen der Haut

1. Hornschichthydratation nach Quellung der Haut mittels eines Wasserbades

Für diese Versuchsserie wurde bei zehn freiwilligen gesunden Probanden an der Streckseite des Unterarmes ein Meßpunkt markiert. Die Probanden waren angewiesen, 24 Stunden vor Beginn der Versuche keine Externa mehr am Unterarm zu verwenden, um Verfälschungen der Meßergebnisse auszuschließen. Im Versuchsraum herrschte konstant eine Temperatur von $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Vor Versuchsbeginn wurde an der markierten Stelle mit jedem Gerät der Normalwert bestimmt. Unmittelbar nach einem fünfzehnminütigen Wasserbad mit

einer Temperatur von 40°C wurde nach vorsichtigem Abtupfen des oberflächlichen Wasserfilmes nacheinander mit allen Geräten der erste Meßwert bestimmt. Nach 15, 30, 50 und 60 Minuten wurden jeweils weitere Werte erhoben.

V Versuchsergebnisse

Mittelwerte bei Messung mit dem Bingmergerät

Wie in Abb. 1 zu sehen ist, verursachte die Quellung der Haut durch ein Wasserbad einen massiven Anstieg der Bingmerwerte, dem ein schneller Abfall und weiter sogar ein Absinken unter den Normalwert nach 50 bis 60 Minuten folgte. Die genauen Zahlenangaben sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 Mittelwerte nach 15-minütigem Wasserbad über den Zeitraum von einer Stunde am Bingmergerät ($n = 10$) (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Bingmerwert (Skt)		Differenzen in Bezug zum Ausgangswert (Skt)
	$\bar{x}$	s_x	
Ausgangswert	5,9	1,35	
sofort Wert nach Bad	9,4	1,13	+3,5
15 Minuten	6,4	1,87	+0,5
30 Minuten	6,3	1,72	+0,4
50 Minuten	5,5	1,92	-0,4
60 Minuten	4,9	1,46	-0,3

Das Gerät registrierte eine starke Wasseraufnahme des stratum corneum mit anschließender überschießender Wasserabgabe im Sinne einer Austrocknung der Haut. Dieses Absinken unter den Ausgangswert war bei den einzelnen Probanden unterschiedlich: nach 15 Minuten lag der Wert bei drei, nach 50 Minuten bei acht Probanden unter dem Normalwert. Bei zwei Probanden sanken die Werte nicht unter den Ausgangswert ab.

Abb. 1 Entwicklung der Bingmerwerte nach Wasserbad

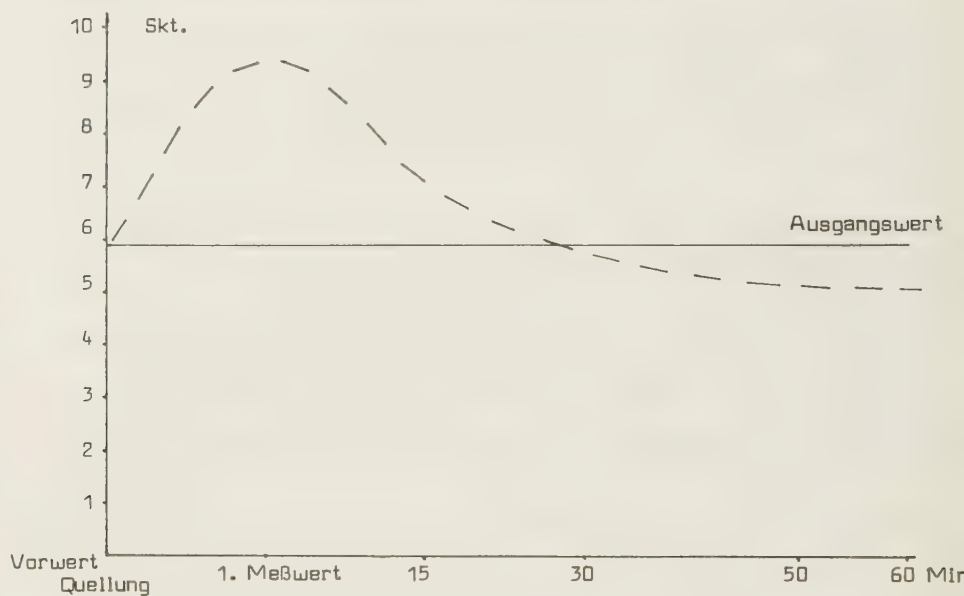
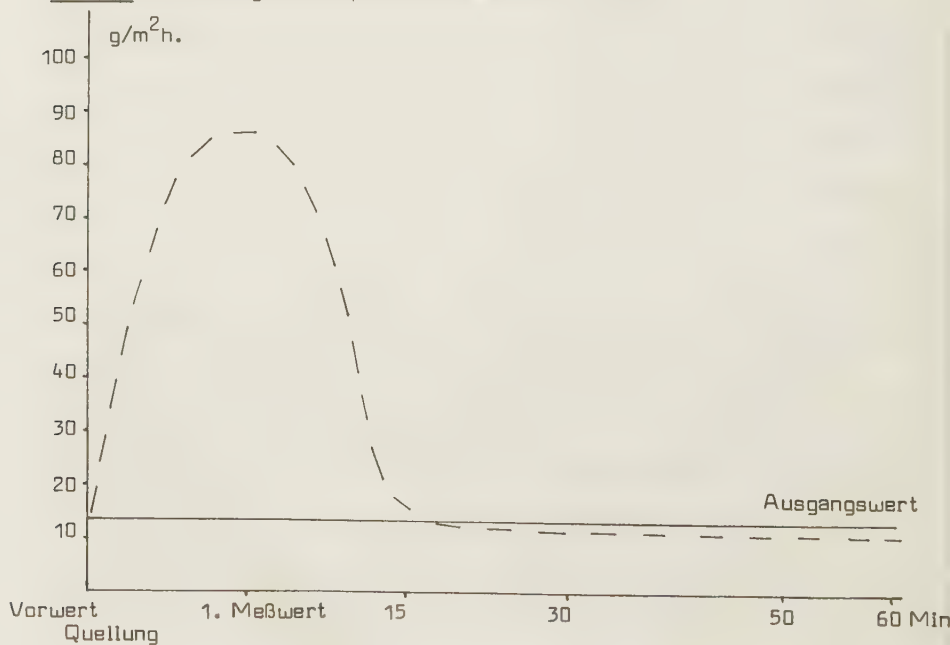


Abb. 2 Entwicklung der Evaporimeterwerte nach Wasserbad



Mittelwerte bei Messung mit dem Evaporimeter

Bei Messung mit dem Evaporimeter direkt nach 15-minütigem Wasserbad fand sich ein Anstieg der Werte im Bezug zum Ausgangswert um durchschnittlich $73 \text{ g/m}^2\text{h}$ (s. Abbildung 2). Nach 15 Minuten lag die Wasserabgabe nur noch unwesentlich über dem Ausgangswert und sank nach 30, 50 und 60 Minuten geringfügig unter den Ausgangswert ab.

Tabelle 2 Mittelwerte nach 15-minütigem Wasserbad, gemessen mit dem Evaporimeter über den Zeitraum von einer Stunde (s_x =Standardabweichung)

Zeit	Evaporimeterwerte		Differenzen zum Ausgangswert (gm^2h)
	$\bar{x}$ $\text{g/m}^2\text{h}$	s_x	
Ausgangswert	13	3,27	-
sofort Wert	86	4,63	+ 73
15 Minuten	16	9,61	+ 3
30 Minuten	12,5	8,91	- 0,5
50 Minuten	11,75	8,95	- 1,25
60 Minuten	11,75	1,83	- 1,25

Mittelwerte bei Messung mit dem Niederfrequenzgerät

Sofort nach der Quellung stiegen bei der Messung mit dem Niederfrequenzgerät die Werte um 27,75 Skt. über den Ausgangswert an. Diesem initialen Anstieg folgte nach 15 Minuten ein steiler Abfall bis fast auf den Ausgangswert. Nach 30 Minuten war der Ausgangswert wieder erreicht und nach 50 bzw. 60 Minuten sanken die Meßwerte leicht unter den Ausgangswert (s. Abbildung 3).

Tabelle 3 Mittelwerte beim Niederfrequenzgerät nach Hornschichthydratation mit 15-minütigem Wasserbad (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Werte des Niederfrequenz- gerätes in Skt. s_x		Differenzen zum Aus- gangswert in Skt.
Ausgangswert	$\bar{x}$ 1,75	1,63	-
sofort	29,5	10,5	+ 27,75
15 Minuten	2,0	1,8	+ 0,25
30 Minuten	1,7	1,9	- 0,05
50 Minuten	0,63	0,85	- 1,12
60 Minuten	0,7	0,6	- 1,05

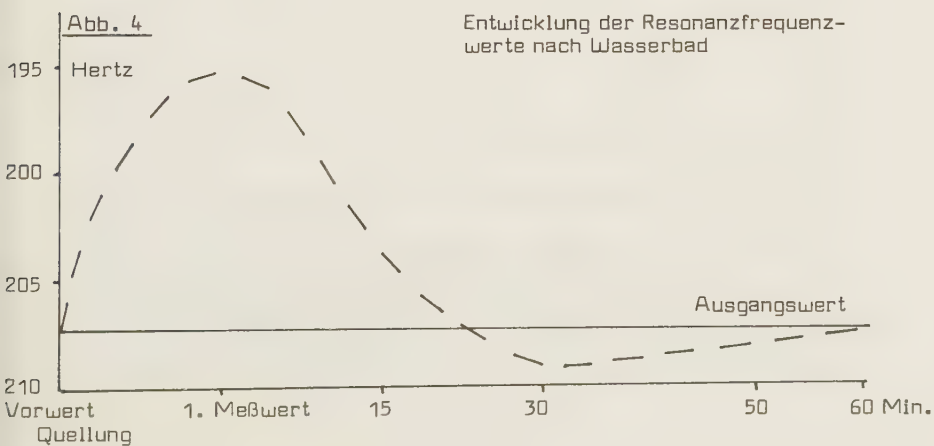
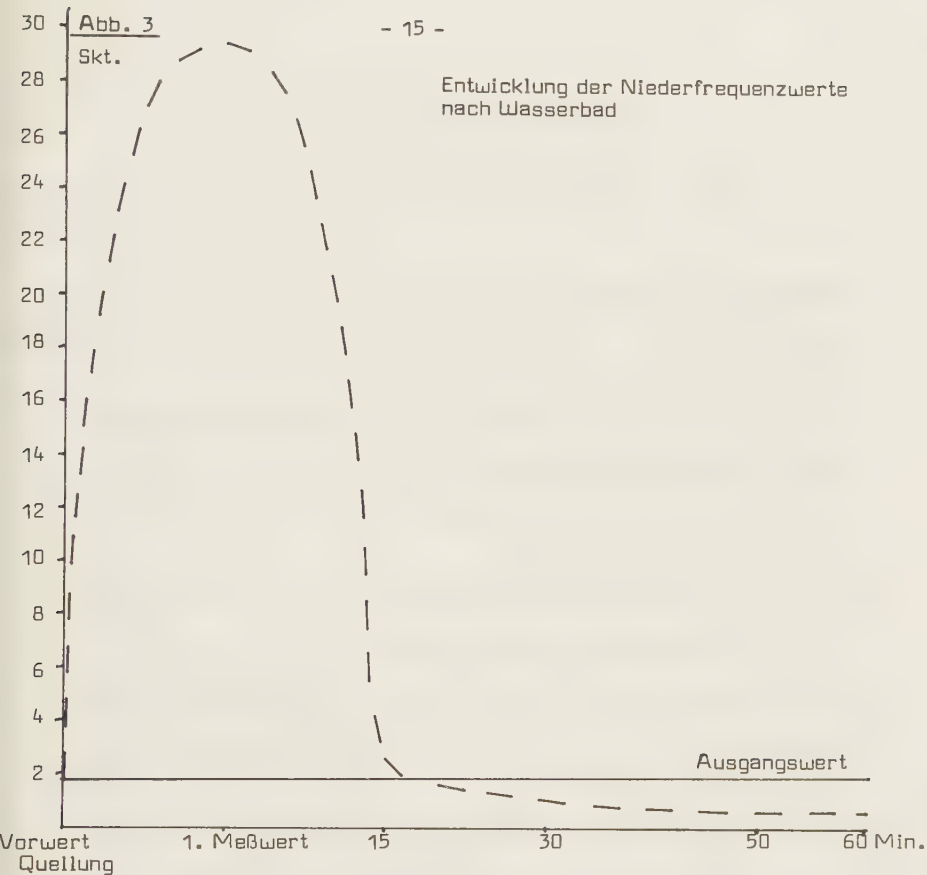
Mittelwerte bei Messung mit dem Resonanzfrequenzgerät

Bei Messung unmittelbar nach dem Bad lag die Resonanzfrequenz um durchschnittlich 12,3 Hertz und nach 15 Minuten noch um 3 Hertz unter dem Ausgangswert. Nach 30 und ebenso nach 50 Minuten war ein Anstieg der Resonanzfrequenz über den Ausgangswert von im Durchschnitt 1 Hertz zu verzeichnen. Nach 60 Minuten war der Ausgangswert wieder erreicht.

Der Anstieg über den Ausgangswert war bei Betrachtung der Einzelverläufe ausgeprägter (bis 4 Hertz über den Ausgangswert). Die Verfälschung bei der Mittelwertbildung kam dadurch zustande, daß der Anstieg über den Ausgangswert im Sinne einer Austrocknung der Haut bei den einzelnen Probanden zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt erfolgte, so daß sich bei der Bildung der Mittelwerte einige Werte gegenseitig aufhoben (s. Diss. v. Speth (17

Tabelle 4 Mittelwerte der Resonanzfrequenzmessungen in Hertz nach Hornschichthydratation während einer Stunde (s_x =Standardabweichung)

Zeit	Resonanzfrequenz in Hertz		Differenzen zum Aus- gangswert in Hertz
	$\bar{x}$	s_x	
Ausgangswert	207,6	10,98	-
sofort	195,3	11,7	- 12,3
nach 15 Minuten	204,6	10,6	- 3,0
30 Minuten	209,0	9,1	+ 1,4
50 Minuten	208,25	8,5	+ 0,65
60 Minuten	207,6	9,2	0



Betrachtung der Meßresultate von Bingmergerät, Niederfrequenzgerät und Evaporimeter in Relation zur Resonanzfrequenzmessung

a) Relation Bingmergerät zum Resonanzfrequenzgerät bei Hornschichthydratation

Bei Auftragung der Bingmerwerte in Skalenteilen auf der Ordinate und der Resonanzfrequenzwerte in Differenz zum Ausgangswert (Δ Hz) auf der Abszisse wobei Zeitpunkt der Messung und Hautzustand bei beiden Methoden übereinstimmen, läßt sich durch die eingetragenen Meßpunkte eine Gerade legen, d. h. es liegt eine weitgehende Linearität beider Methoden vor (s. Abb. 5):

- a) Je höher die Bingmerwerte, desto größer ist der Abfall der Resonanzfrequenz unter den Ausgangswert.
- b) Bewegen sich die Resonanzfrequenzwerte in Richtung Ausgangswert, so gehen auch die Bingmerwerte zum Ausgangswert.
- y) Ein Anstieg der Resonanzfrequenz über den Ausgangswert führt am Bingmergerät zu einem Absinken unter den Ausgangswert.

Die Veränderungen, die durch eine Hydratation der Haut hervorgerufen werden, werden vom Bingmer- und Resonanzfrequenzgerät korrelativ erfaßt.

b) Relation Evaporimeter zum Resonanzfrequenzgerät

Bei Auftragung der Evaporimeterwerte in Skalenteilen gegen die Resonanzfrequenz in Differenzen zum Ausgangswert ergibt sich die in Abbildung 6 dargestellte Beziehung:

- a) Einem starken Abfall der Resonanzfrequenzwerte entsprechen hohe Evaporimeterwerte.
- b) Niedrigen Evaporimeterwerten lassen sich sowohl große als auch kleine Differenzwerte der Resonanzfrequenz zuordnen, d. h. wenn die Evaporimeterwerte schon zum Ausgangswert abgesunken sind, sind die Resonanzfrequenzwerte noch deutlich unter dem Ausgangswert.

y) Resonanzfrequenzwerte, die über den Ausgangswert angestiegen sind (positive Differenzen), entsprechen Werten am Evaporimeter, die im Bereich des Ausgangswertes oder geringfügig darunter liegen.

Auf Grund der unter den Punkten β und γ beschriebenen Ergebnisse liegt bei der Messung der Hornschichthydratation mit dem Evaporimeter und dem Resonanzfrequenzgerät zwischen beiden Methoden in diesen Bereichen keine Linearität vor, d. h. es werden unterschiedliche Reaktionen der Haut auf eine Quellung beschrieben, die nicht miteinander korrelieren. Im eindeutigen Hydratationszustand der Haut ist dagegen ein korrelatives Verhalten beider Methoden deutlich.

c) Relation Niederfrequenz- zum Resonanzfrequenzgerät nach Hornschichthydratation

Die Abbildung 7 zeigt die Relation zwischen den Niederfrequenzwerten in Skalenteilen und den Resonanzfrequenzwerten in Differenzen zum Ausgangswert (Δ Hz).

Es finden sich ähnliche Verhältnisse wie beim Evaporimeter:

- a) Hohen Niederfrequenzwerten können stark negative Differenzwerte der Resonanzfrequenz zugeordnet werden.
- β) Resonanzfrequenzwerten mit negativen Differenzen (-2 bis -10 Hz) entsprechen gleichbleibend niedrige Niederfrequenzwerte, d. h. für diesen Bereich besteht keine Linearität.
- γ) Resonanzfrequenzwerten über dem Ausgangswert, d. h. im positiven Differenzbereich entsprechen Niederfrequenzwerte, die knapp unter dem Ausgangswert liegen.

Beide Meßverfahren geben somit die initiale Wasseraufnahme quantitativ befriedigend wieder. Während jedoch die Resonanzfrequenzmethode noch Werte unter dem Ausgangswert anzeigt, d. h. noch einen Quellungszustand

Abb. 5

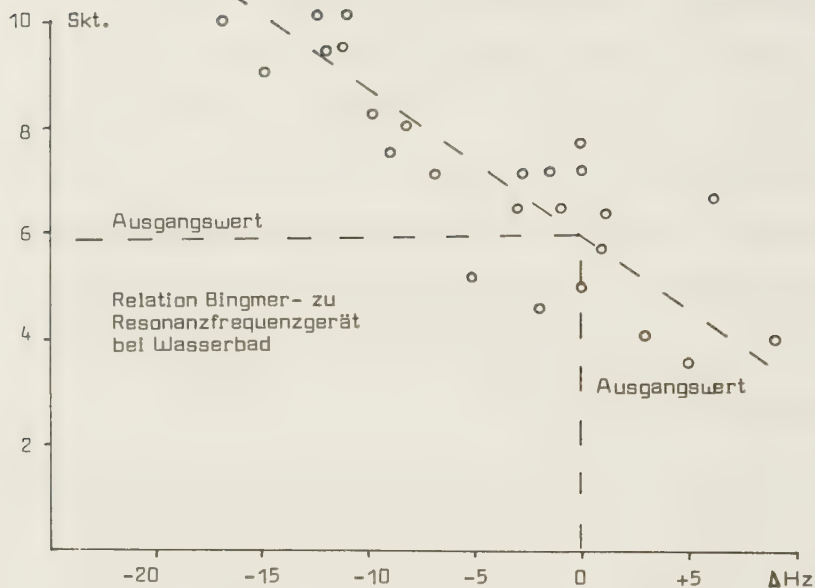


Abb. 6

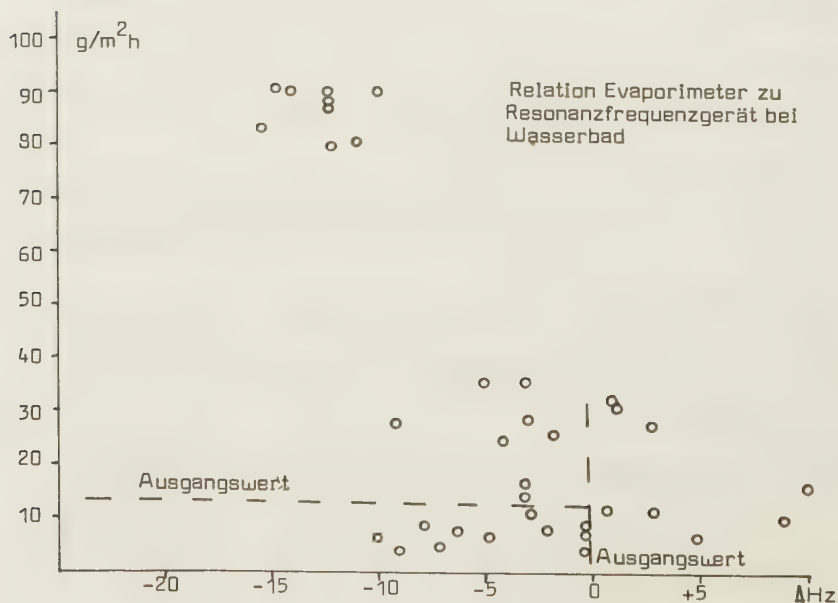
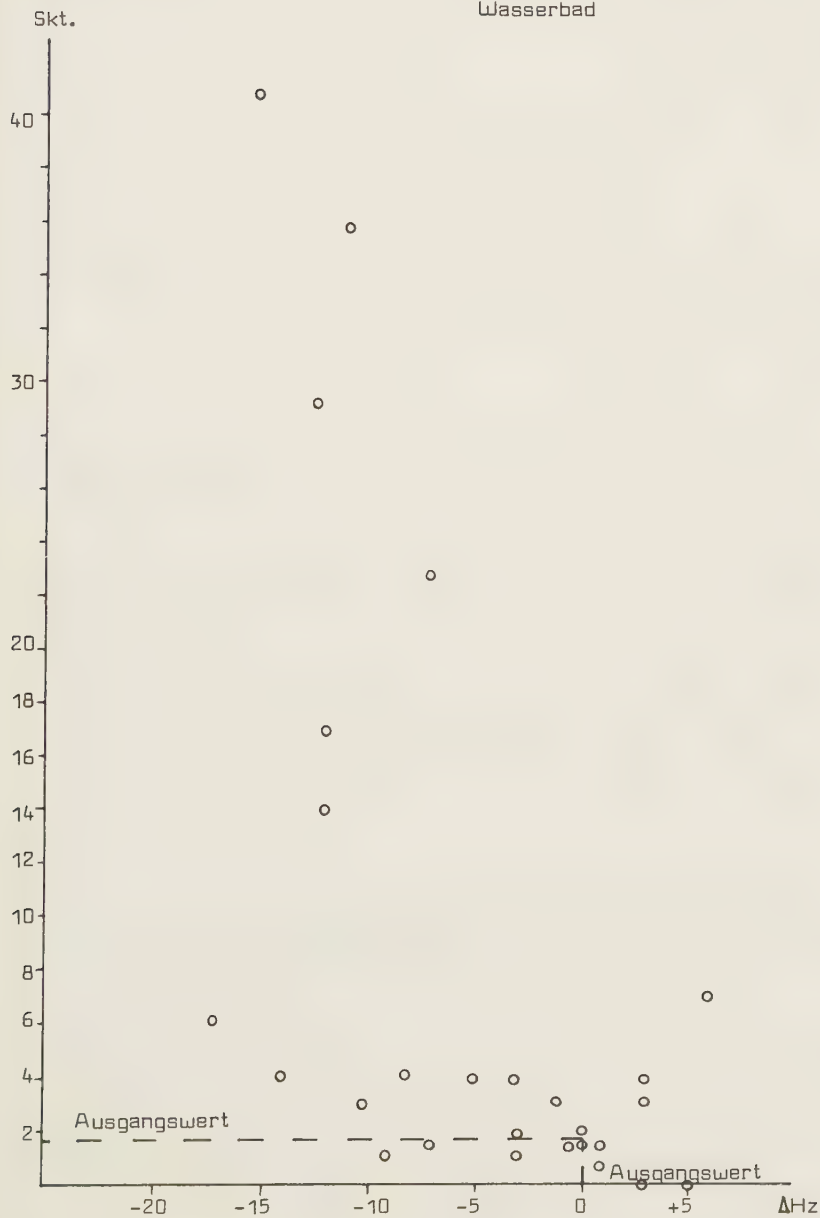


Abb. 7

Relation Hochfrequenz- zu
Resonanzfrequenzgerät bei
Wasserbad



der Haut angibt, sind die Niederfrequenzwerte bereits zum Ausgangswert abgesunken. Ebenso wird die Austrocknungsphase von beiden Geräten unterschiedlich stark erfaßt.

Außer der oben nachgewiesenen Linearität zwischen dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät deutet sich hier bereits an, daß das Evaporimeter und das Niederfrequenzgerät bei der Hornschichthydratation durch ein Wasserbad nahezu identische Kurvenverläufe produzieren. Da sich diese Kurvenverläufe bei der Hornschichthydratation mittels einer $\omega/\ddot{O}$ -Emulsion ähnlich verhielten, wird dort ausführlich zu diesem Verhalten Stellung genommen.

2. Hornschichthydratation nach Auftragen einer $\omega/\ddot{O}$ -Emulsion

Der Versuchsablauf, die Versuchsbedingungen und die Probanden waren die gleichen, wie sie bereits beim Quellungsversuch mit dem Wasserbad beschrieben worden waren. Es wurde an der Streckseite eines Unterarmes ein Meßpunkt markiert, ein Normalwert gemessen (mit allen vier Geräten) und anschließend unter leichtem Druck 0,5 g Eucerin c. a. über fünf Minuten in die Haut einmassiert. Nach dem Auftragen wurde der erste Wert mit allen Geräten gemessen, danach nach 15 und 50 Minuten. Die Anzahl der Probanden betrug zehn.

V Versuchsergebnisse

a) Mittelwerte bei Messung mit dem Bingmergerät

Tabelle 5 Entwicklung der Mittelwerte am Bingmergerät nach Einwirkung von Eucerin c. a. über den Zeitraum von 50 Minuten (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Bingmerwerte in Skalenteilen s_x		Differenzwerte zum Ausgangswert in Skt.
Ausgangswert	6,2	0,96	-
sofort	8,6	0,68	+2,4
15 Minuten	8,0	0,55	+1,8
50 Minuten	7,7	0,49	+1,5

Aus Abbildung 8 ist zu entnehmen, daß unmittelbar nach Auftragen der Emulsion das Bingmergerät einen erhöhten Wassergehalt der Haut anzeigte, der im weiteren Versuchsablauf nur mäßig absank. Im Gegensatz zum Quellungsversuch blieben die Werte im gewählten Zeitraum deutlich über dem Ausgangswert, d. h. die Wirkung der Emulsion war länger nachweisbar, trotz einer geringeren Anfangshydratation gegenüber dem Wasserbad.

b) Mittelwerte bei Messung mit dem Evaporimeter

Tabelle 6 Entwicklung der Mittelwerte am Evaporimeter nach Einwirkung von Eucerin c.a. über den Zeitraum von 50 Minuten (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Evaporimeterwerte in $\text{g/m}^2\text{h}$ $\bar{x}$	s_x	Differenzwerte zum Ausgangswert in $\text{g/m}^2\text{h}$
Ausgangswert	17,0	8,6	-
sofort	47,0	7,2	+ 30,0
15 Minuten	29,5	12,4	+ 12,5
50 Minuten	17,7	8,0	+ 0,7

Aus Abbildung 9 ist ersichtlich, daß der initiale Anstieg der Wasserabgabe der Haut zwar nicht so hoch war wie beim Quellungsversuch, daß aber eine erhöhte Wasserabgabe gegenüber unbehandelter Haut über einen längeren Zeitraum erfolgte. Der letzte Meßwert entsprach nahezu dem Ausgangswert, d. h. die Wasserabgabe hatte sich wieder normalisiert.

c) Mittelwerte bei Messung mit dem Niederfrequenzgerät

Tabelle 7 Entwicklung der Mittelwerte des Niederfrequenzgerätes nach Einwirkung von Eucerin c. a. über den Zeitraum von 50 Minuten (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Niederfrequenzwerte in Skalenteilen $\bar{x}$	s_x	Differenzwerte zum Ausgangswert in Skt.
Ausgangswert	2,9	1,41	-
sofort	19,9	7,69	+ 17,0
15 Minuten	5,7	2,8	+ 2,8
50 Minuten	3,7	1,39	+ 0,8

Abb. 8

Skt.

Entwicklung der Bingmerwerte
nach W/Ö-Emulsion

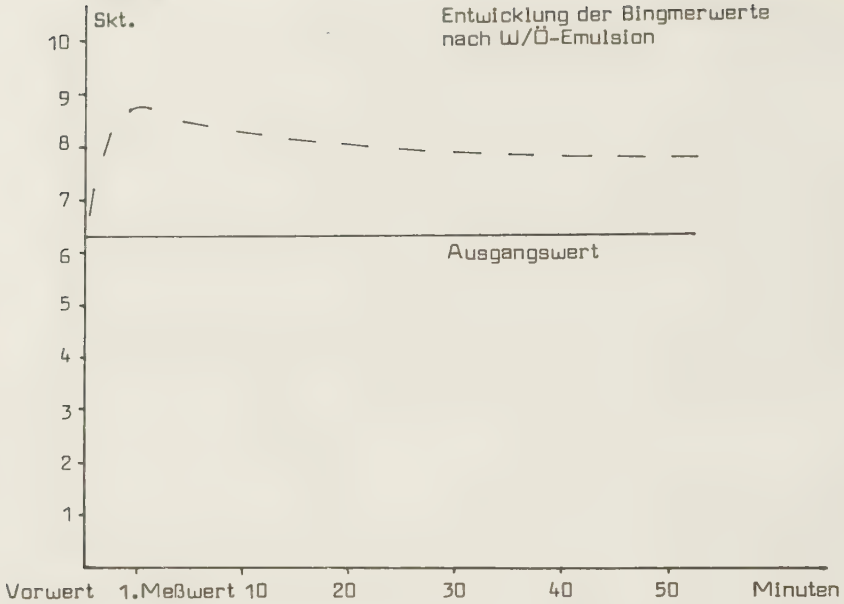
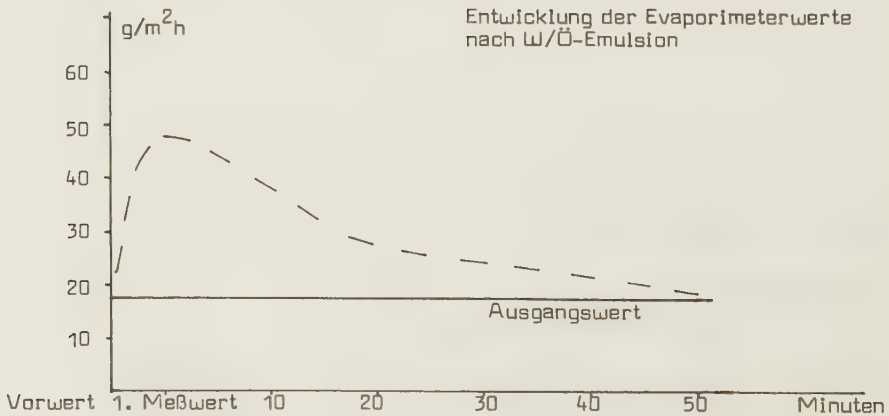


Abb. 9

$\text{g/m}^2\text{h}$

Entwicklung der Evaporimeterwerte
nach W/Ö-Emulsion



Ähnlich wie beim Evaporimeter war ein geringerer Anstieg der Kurve als bei reiner Wassereinwirkung zu registrieren, dafür war auch hier die Wirkung der Emulsion länger nachweisbar (s. Abbildung 10). Auch der Kurvenverlauf gegen Ende der Messung entsprach dem am Evaporimeter. Nach 50 Minuten erreichte die Feuchtigkeit der Hautoberfläche fast wieder den Ausgangswert.

d) Mittelwerte bei Messung mit dem Resonanzfrequenzgerät

Tabelle 8 Entwicklung der Mittelwerte am Resonanzfrequenzgerät nach Einwirkung von Eucerin c.a. über den Zeitraum von 50 Minuten

Zeit	Resonanzfrequenzwerte in Hertz		Differenzwerte zum Ausgangswert in Hertz
	$\bar{x}$	s_x	
Ausgangswert	205,8	11,28	-
sofort	192,0	12,85	- 13,8
15 Minuten	195,0	12,96	- 10,8
50 Minuten	195,8	11,87	- 10,0

Wie in Abbildung 11 dargestellt, reagierte die Resonanzfrequenz auf die Hornschichthydratation mittels einer Emulsion mit einem starken Absinken des Resonanzfrequenzmaximums. Nach einer anfänglichen geringen Annäherung an den Ausgangswert innerhalb von 15 Minuten, hielten sich die Werte konstant auf einem erniedrigten Niveau (s. Diss. v. Speth (17)). Dieses Ergebnis korrelierte am ehesten mit dem des Bingmergerätes.

Betrachtung der Resultate mit dem Bingmergerät, Niederfrequenzgerät und dem Evaporimeter in Relation zur Resonanzfrequenzmessung

a) Relation der Resultate des Bingmergerätes zu denen des Resonanzfrequenzgerätes nach Einwirkung einer $\omega/\ddot{O}$ -Emulsion

Die Mittelwerte vom Bingmergerät und vom Resonanzfrequenzgerät sind in Abbildung 12 gegeneinander aufgetragen. Es ergibt sich eine deutliche Linearität, die sich auch bei Betrachtung der Einzelverläufe klar bestätigt:

Abb. 10

- 24 -

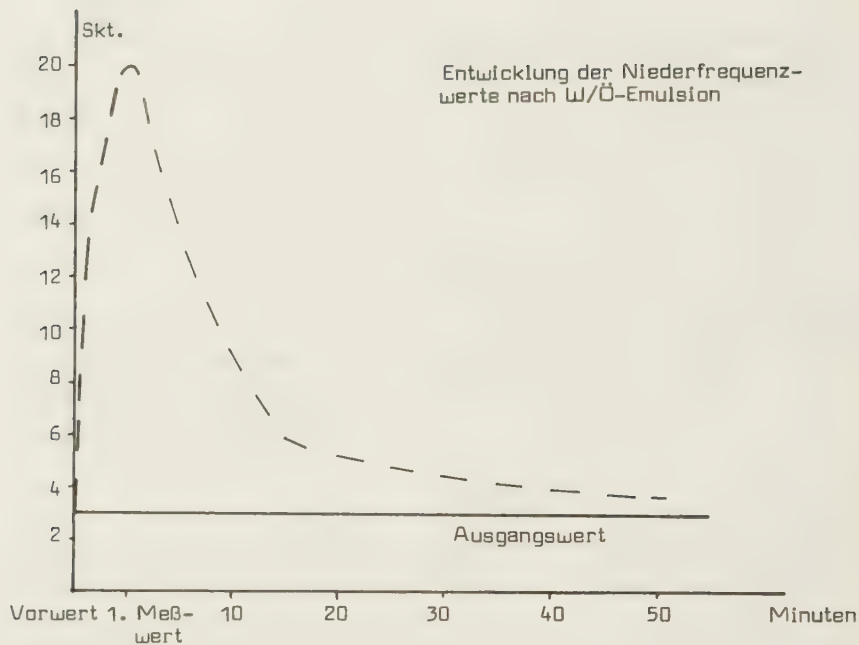
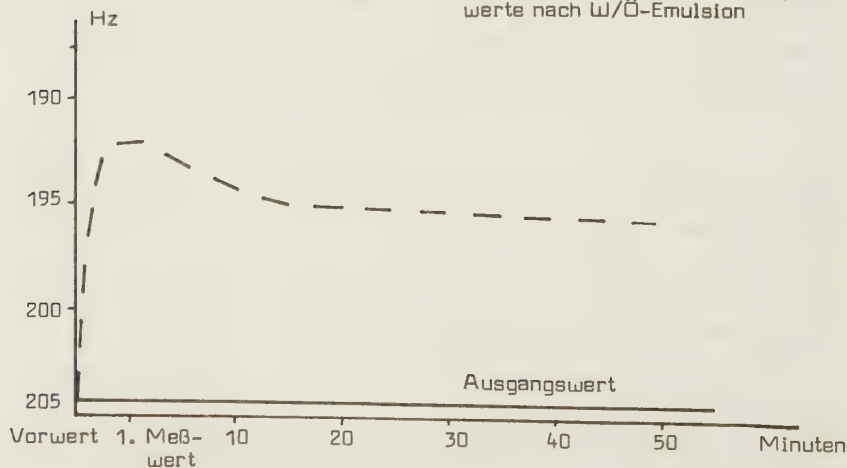


Abb. 11

Entwicklung der Resonanzfrequenzwerte nach W/Ö-Emulsion



einem eindeutigen Abfall der Resonanzfrequenz entspricht ein Anstieg der Bingmerwerte. Fällt der Bingmerwert ab, steigt die Resonanzfrequenz an.

b) Relation der Resultate des Evaporimeters zu denen des Resonanzfrequenzgerätes nach Einwirken einer $\omega/\bar{O}$ -Emulsion

Trägt man die Mittelwerte des Evaporimeters gegen die der Resonanzfrequenz auf und verbindet die Punkte, so ergibt sich keine Gerade, die durch den Schnittpunkte der Ausgangswerte verläuft. Hohen negativen Differenzwerten der Resonanzfrequenz im Bezug zum Ausgangswert entsprechen hohe Evaporimeterwerte. Während diese dann steil zum Ausgangswert abfallen, bleiben die Resonanzfrequenzwerte relativ konstant weit unter dem Ausgangswert. Es liegt somit keine Linearität vor (s. Abbildung 13). Anscheinend wird der Haut zu Anfang mit der $\omega/\bar{O}$ -Emulsion Wasser zugeführt, womit gleichzeitig eine erhöhte Wasserabgabe einsetzt, welche sowohl durch Reste der Emulsion auf der Haut als auch durch einen erhöhten Wassergehalt der Epidermis bedingt sein dürfte. In dieser Phase messen beide Geräte korrelativ, und es besteht kein Unterschied zur Hydratation nach Wasserbad. In der darauffolgenden Phase bindet jedoch offensichtlich die Emulsion einen hohen Prozentsatz des Wassers in der Haut, das somit nicht mehr so leicht wie bei der Hydratation nach einem Wasserbad abdiffundieren kann. Dieses sieht man vor allem auch daran, daß sich bei diesem Zustand der Haut auch keine Wasserabgabe mehr mit dem Evaporimeter messen läßt, die über Normalwerten liegt, während das Resonanzfrequenzgerät nachweist, daß der Wassergehalt der Haut noch über normal erhöht ist. Daß dieses konstant erniedrigte Niveau der Resonanzfrequenzwerte durch den erhöhten Wassergehalt der Epidermis bedingt ist, zeigt die deutliche Korrelation mit den Werten des Bingmergerätes (Abb. 12).

Abb. 12

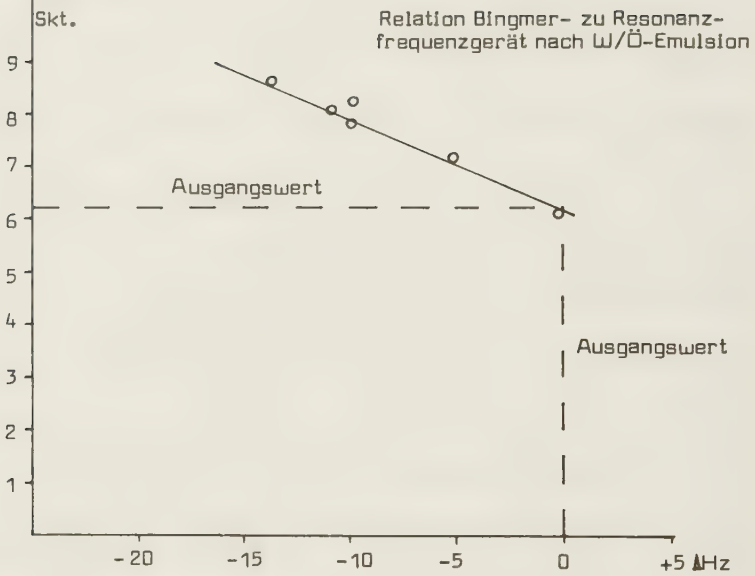
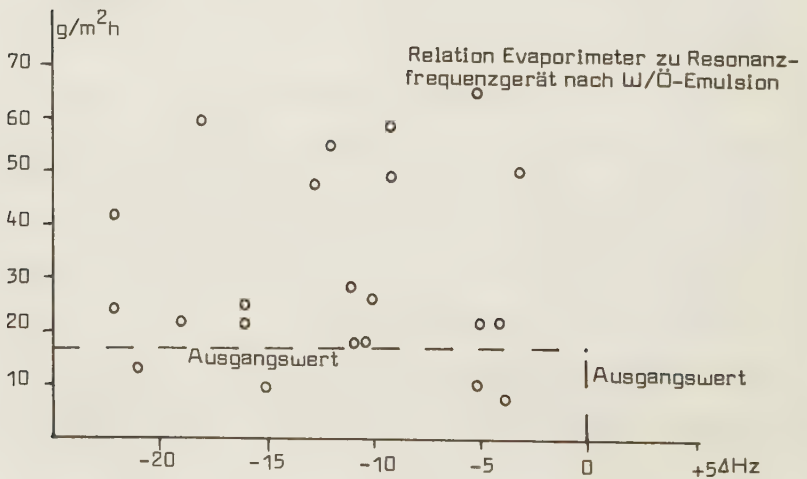


Abb. 13



c) Relation der Resultate des Niederfrequenzgerätes zum Resonanzfrequenzgerät nach Einwirken einer $\omega/\ddot{O}$ -Emulsion

Hierzu wurden die Niederfrequenz- und die Resonanzfrequenzwerte gegeneinander aufgetragen (s. Abb. 14).

Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Relation Resonanzfrequenz/Evaporimeter. Durch die Punkte der Durchschnittswerte ließe sich in der graphischen Darstellung eine Gerade legen. Hohen Niederfrequenzwerten entsprechen stark negative Resonanzfrequenzwerte. Da jedoch im weiteren Verlauf der Geraden die Resonanzfrequenzwerte relativ konstant bleiben, die Niederfrequenzwerte aber stark absinken, wird der Verlauf der Geraden lediglich durch die Niederfrequenzwerte bestimmt und geht nicht durch den Schnittpunkt der beiden Ausgangswerte. Es besteht also keine lineare Beziehung zwischen den Werten des Resonanzfrequenz- und des Niederfrequenzmeßgerätes.

Bei der Darstellung der Beziehung der einzelnen Geräte zum Resonanzfrequenzgerät fand sich eine Linearität lediglich zwischen Bingmer- und Resonanzfrequenzgerät, zweier Geräte also, die den Hydratationszustand der Hornschicht wiedergeben, wobei für die Resonanzfrequenz hinzuzufügen ist, daß sie auch auf andere Parameter der Haut, wie z. B. Konsistenz anspricht, was jedoch bei diesem Versuch keinen Einfluß hatte. Aus dem Vergleich der Relationen Resonanzfrequenzgerät zu Evaporimeter und Niederfrequenzgerät ergaben sich Ähnlichkeiten, die einen Vergleich auch zwischen Evaporimeter und Niederfrequenzgerät nahelegten.

Relation zwischen Niederfrequenzgerät und Evaporimeter nach Einwirken einer $\omega/\ddot{O}$ -Emulsion

In Abbildung 15 sind die Mittelwertkurven des Evaporimeters und des Niederfrequenzgerätes abgebildet. Es zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung in Kurvenverlauf. Dieses Ergebnis legt die Vermutung nahe, daß

Abb. 14

Relation Niederfrequenz- zu Resonanz-
frequenzgerät nach W/O-Emulsion

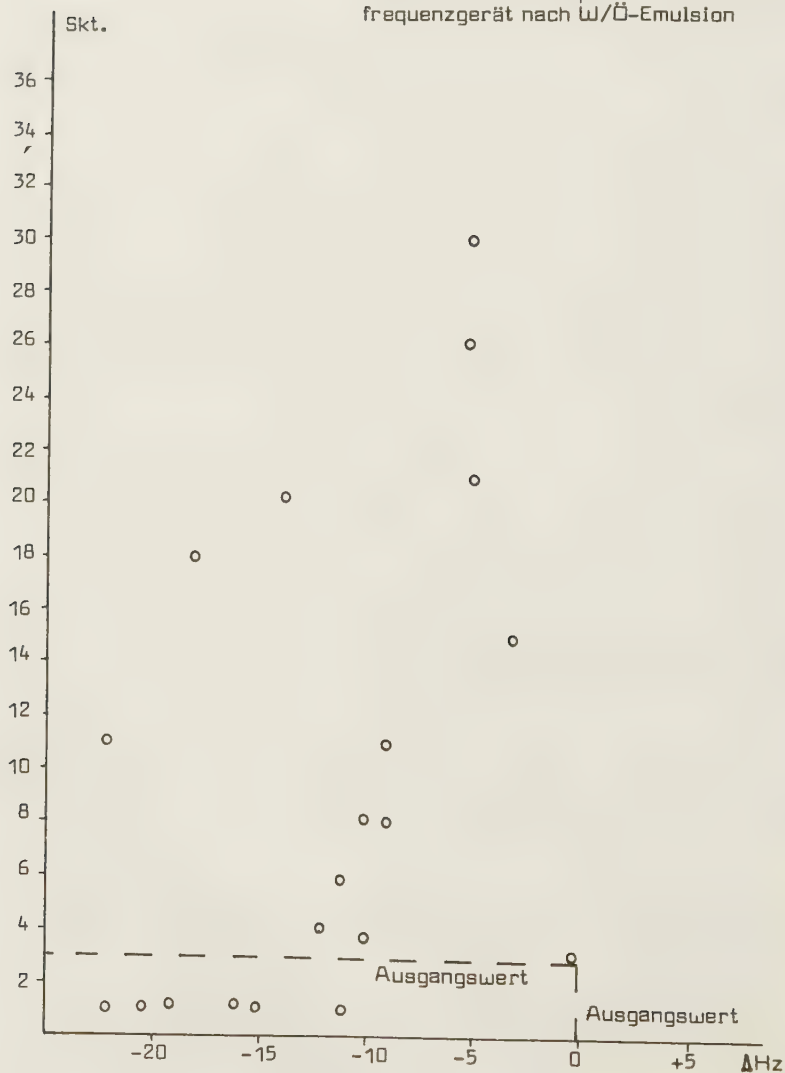
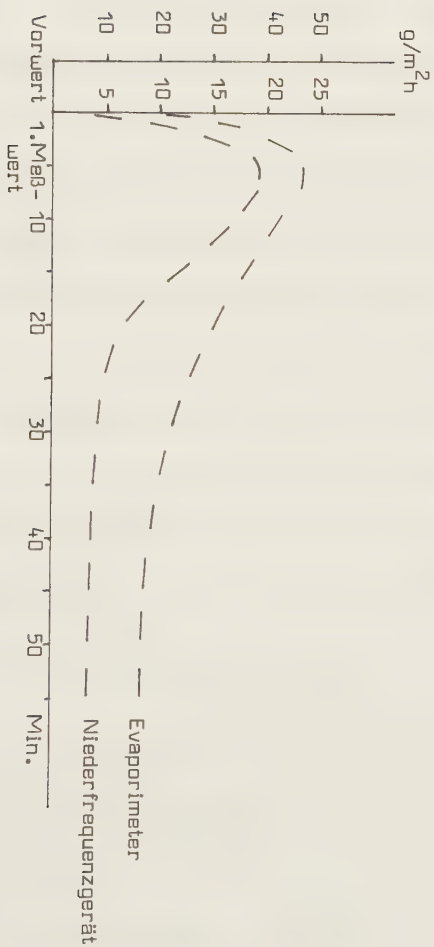


Abb. 15

Relation Evaporimeter zu Niederfrequenzgerät
(Mittelwertkurven) nach W/D-Emulsion



durch die Bestimmung des Wechselstromwiderstandes und durch die Messung der Wasserabgabe korrelierende Größen an der Hautoberfläche erfaßt werden.

3. Messung von Austrocknungszuständen der Haut

Wie bei den anderen Versuchen beschrieben, wurde auch hier von einem festliegenden Punkt an der Streckseite des Unterarmes ausgegangen, an dem der Normalwert mit allen vier Geräten festgestellt wurde. Es wurde dann im folgenden versucht, an dieser Stelle eine Austrocknung der Haut zu erzielen. Die Haut wurde zu diesem Zweck mit konzentrierter Seifenlösung ausgiebig gewaschen und anschließend mit Hilfe eines Föhnes getrocknet. Eine andere Möglichkeit, die Haut mit Hilfe von Aceton bzw. Benzin auszutrocknen, erwies sich als weniger wirksam. Es wurde dann die Hautstelle erneut gemessen, wenn die Haut von ihrem Aussehen her trocken erschien. Kriterien hierfür waren:

1. eine matte Schuppigkeit (die Haut glänzte nicht mehr und kleinste Schuppen wurden sichtbar);
2. die behandelte Hautstelle fühlte sich rauher an als ihre Umgebung.

Der Versuch, über eine experimentelle Austrocknung normaler Haut den Nachweis zu führen, ob und in welcher Weise die verschiedenen Geräte auf den Zustand einer trockenen Haut reagieren würden, war schwierig. Nicht bei allen Probanden konnte mit den oben angegebenen Mitteln eine Austrocknung erzielt werden, und nicht alle Geräte sprachen eindeutig auf diese experimentelle Austrocknung an.

Die nun aufgeführten Ergebnisse geben somit für die einzelnen Geräte unterschiedlich klare Aussagen und sind so mehr als die Angabe von Tendenzen zu verstehen.

a) Ergebnisse mit dem Bingmergerät bei Austrocknung der Haut

Nach experimenteller Austrocknung der Haut fand sich ein Absinken der Werte um durchschnittlich 1,5 Skalenteile. Dieses Ergebnis war durchgängig bei allen 10 Probanden festzustellen.

b) Ergebnisse mit dem Evaporimeter bei Austrocknung der Haut

Wenn man mit dem Evaporimeter an einer klinisch sowie zusätzlich durch Geräte (z. B. Bingmer- und Resonanzfrequenzgerät) als "trocken" qualifizierten Haut maß, so fand man in der Regel niedrigere Werte als vor den austrocknenden Maßnahmen: im Durchschnitt lag dabei die Wasserabgabe der Haut um 3 bis 5 g/m²h unter dem Ausgangswert.

c) Ergebnisse mit dem Hochfrequenzgerät bei Austrocknung der Haut

Bei Probanden, die einen Ausgangswert größer als 0 hatten, registrierte das Gerät ein Absinken auf den Wert 0. Da häufig der Ausgangswert schon bei 0 lag, konnte eine Austrocknung der Haut mit dem Gerät nicht mehr gemessen werden. Das Niederfrequenzgerät ist also auf Grund der Lage des Ausgangswertes an normaler Haut in Bezug zum Nullpunkt der Skala nicht geeignet, trockenere Hautzustände als normal zu messen.

d) Ergebnisse mit dem Resonanzfrequenzgerät bei Austrocknung der Haut

Bei der Messung trockener Haut mit dem Resonanzfrequenzmeßgerät ließ sich eine eindeutige Tendenz nachweisen: die Resonanzfrequenzmaxima verschoben sich deutlich in Richtung auf höhere Frequenzen. Diese Tendenz ließ sich bei allen zehn Probanden nachweisen. Der Anstieg betrug durchschnittlich 12 Hertz über den Ausgangswert (17).

Zusammenfassend läßt sich zu der Messung von experimentell erzeugter Austrocknung der Haut sagen, daß bei dieser Versuchsanordnung nur das

Bingmer- und das Resonanzfrequenzgerät verwertbare Meßergebnisse brachten. Die Trockenheit der Haut wurde dabei vom Bingmergerät durch einen Abfall der Werte unter den Normalwert und vom Resonanzfrequenzgerät durch eine Verschiebung des Resonanzfrequenzmaximums in höhere Frequenzbereiche angezeigt, bei beiden also ein entgegengesetztes Verhalten wie beim Quellungsversuch.

B) Messung von pathologisch veränderter Haut (Psoriasis vulgaris und chronisches Ekzem) mit den einzelnen Geräten und Methodenvergleich

1. Messung bei Patienten mit Psoriasis vulgaris

Versuchsablauf

Für die Durchführung dieser Meßreihe wurden 25 Patienten, die wegen Psoriasis vulgaris stationär lokal und mit Photo- bzw. Photochemotherapie behandelt wurden, über drei Wochen gemessen. Hierbei wurde jeweils ein typischer Herd am Unterarm und eine Stelle in unmittelbarer Nachbarschaft des Herdes, wo gesunde Haut vorlag (Kontrollwert) ausgewählt, und dann an diesen Stellen bei der Aufnahme des Patienten und dann jeden siebten Tag mit dem Bingmergerät, dem Evaporimeter, dem Niederfrequenzgerät und dem Resonanzfrequenzmeßgerät die entsprechenden Werte ermittelt.

Ergebnisse

Zunächst sollen die Mittelwerte der einzelnen Geräte dargestellt werden.

a) Mittelwerte mit dem Bingmergerät bei Psoriasis vulgaris

Der Mittelwert an der nichtbefallenen Haut lag bei 7,45 Skt., der Herdwert bei 4,1 Skt. Es lag somit am Anfang vor Einsetzen der Therapie der Herdwert um 3,35 Skt. unter dem Kontrollwert. Von diesen Ausgangswerten aus wurde der Verlauf über drei Wochen mit dem Bingmergerät verfolgt. Die

Werte der Kontrollstelle schwankten lediglich um $\pm 0,15$ Skt., d. h. der Durchschnittswert der Kontrolle blieb konstant. Der Herdwert dagegen stieg von 4,1 Skt. über 6,1 Skt., 7,35 Skt. (erreichte also schon nach 2 Wochen wieder den Kontrollwert) auf 7,4 Skt. nach drei Wochen (siehe Abbildung 16).

Tabelle 9 Entwicklung der Mittelwerte in Skalenteilen gemessen mit dem Bingmergerät an Herd und Kontrolle bei Psoriasis vulgaris
(s_x =Standardabweichung)

Zeit	Herdwert in Skt. $\bar{x}$	s_x	Differenz zum Ausgangswert	Kontrollwert in Skt. $\bar{x}$	s_x	Differenzen zum Ausgangswert
Ausgangswert	4,1	2,17	-	7,45	1,87	-
7 Tage	6,1	2,12	+ 2,0	7,6	1,23	+ 0,15
14 Tage	7,35	2,03	+ 3,25	7,56	1,58	+ 0,11
21 Tage	7,4	1,9	+ 3,3	7,3	1,12	- 0,15

b) Mittelwerte mit dem Evaporimeter bei Psoriasis vulgaris

Die Wasserabgabe der unbeeinflussten Haut betrug zu Beginn vor Einsetzen der Therapie $13,1 \text{ g/m}^2\text{h}$, am Psoriasisherd $25,8 \text{ g/m}^2\text{h}$. Es bestand also zwischen gesunder und befallener Haut eine erhebliche Differenz in der Wasserabgabe, und zwar verdunstete am Herd ca. die doppelte Menge an Wasser. Die Entwicklung der Wasserabgabe bei paralleler Messung an Herd und Kontrolle ist aus Abbildung 17 ersichtlich. In einem Zeitraum von drei Wochen sank die Wasserabgabe über dem Herd um $7 \text{ g/m}^2\text{h}$. Vergleicht man dazu die Kontrolle, so läßt sich feststellen, daß nach einer Woche unter der Therapie ein leichter Anstieg stattfand und der Kontrollwert im weiteren Verlauf geringfügig unter dem Ausgangswert blieb.

Zusammenfassend kann man folgende Tendenz formulieren:

Die Wasserabgabe über einem Psoriasisherd lag grundsätzlich erheblich über der an unbeeinflussten Haut. Dieser Herdwert normalisierte sich in Richtung

Abb. 16

Entwicklung der Binghamwerte an Herd
und Kontrollstelle bei Psoriasis vulgaris

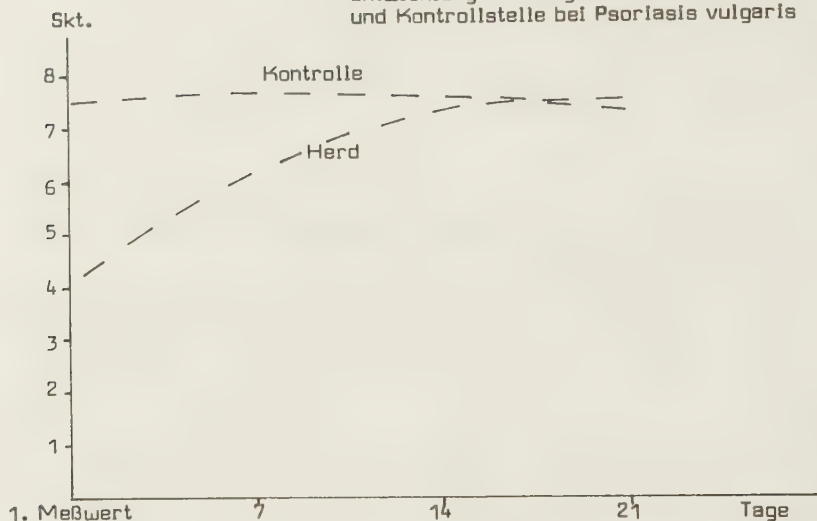
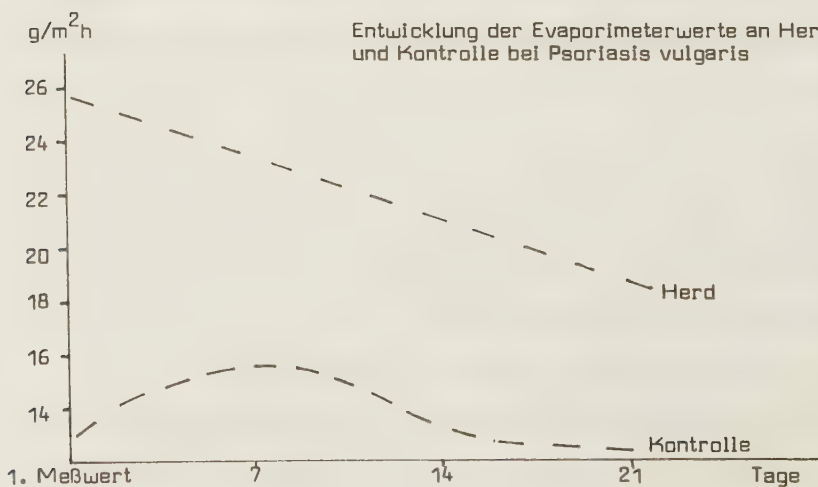


Abb. 17

Entwicklung der Evaporimeterwerte an Herd
und Kontrolle bei Psoriasis vulgaris



auf Werte an gesunder Haut, blieb aber auch nach drei Wochen noch eindeutig über der Wasserabgabe, die an gesunder Haut zu messen war.

Tabelle 10 Mittelwerte der Wasserabgabe in $\text{g/m}^2\text{h}$, gemessen mit dem Evaporimeter an Herd und Kontrolle bei Psoriasis vulgaris (s_x = Standardabweichung)

Zeit	Herdwert in $\frac{\text{g}}{\text{m}^2\text{h}}$ s_x		Differenzen zum Ausgangswert	Kontrollwert $\frac{\text{g}}{\text{m}^2\text{h}}$ s_x		Differenz zum Ausgangswert
Ausgangswert	25,8	8,9	-	13,1	7,34	-
7 Tage	23,5	8,5	- 2,3	15,6	7,5	+ 2,5
14 Tage	20,9	8,1	- 4,9	12,9	7,6	- 0,2
21 Tage	18,8	4,0	- 7,0	12,3	6,1	- 0,8

c) Mittelwerte mit dem Niederfrequenzgerät bei Psoriasis vulgaris

Der Mittelwert am Herd lag zu Beginn bei 0 und änderte sich auch nach dreiwöchiger Behandlung nicht. Die normale Haut machte unter der Therapie kaum meßbare Veränderungen durch. Der Wechselstromwiderstand der Haut ist somit kein geeigneter Parameter, um die Hautveränderungen, die durch eine Psoriasis vulgaris hervorgerufen werden, zu erfassen.

d) Mittelwerte mit dem Resonanzfrequenzgerät bei Psoriasis vulgaris

Der Resonanzfrequenzwert an gesunder Haut lag zu Beginn bei 220 Hertz, der Psoriasisherdwert bei 274 Hertz, also um 52 Hertz über dem Kontrollwert. Unter dem Einfluß der Therapie sank der Wert am Herd ab, und nach drei Wochen Therapie bestand nur noch eine Differenz von 13 Hertz zum Kontrollwert (17).

Tabelle 11 Entwicklung der Mittelwerte in Hertz gemessen mit dem Resonanzfrequenzmeßgerät an Herd und Kontrolle bei Psoriasis vulgaris (s_x =Standardabweichung)

Zeit	Herdwerte in Hertz		Differenz zum Ausgangswert	Kontrollwert in Hertz		Differenz zum Ausgangswert
	$\bar{x}$	s_x		$\bar{x}$	s_x	
Ausgangswert	274	32,2	-	222	16,4	-
7 Tage	247	26,9	- 27	226	11,5	+ 4
14 Tage	238	23,3	- 36	223	11,7	+ 1
21 Tage	231	12,6	- 41	218	12,4	- 4

Betrachtung des typischen Verlaufes aller Methoden im Vergleich am Beispiel eines Patienten mit Psoriasis vulgaris.

Bei diesem Patienten war seit mehreren Jahren eine Psoriasis vulgaris bekannt. Die stationäre Aufnahme erfolgte wegen eines schweren Schubes. Die Psoriasisefloreszenzen imponierten als scharf begrenzte, erhabene und stark gerötete Herde.

Bei der Aufnahme fanden sich folgende Meßwerte mit den einzelnen Geräten:

- Bei der Resonanzfrequenz lag der Herdwert mit 380 Hertz um 161 Hertz höher als der Kontrollwert;
- das Bingmergerät hatte am Herd nur einen Ausschlag von 1 Skalenteil, während der Kontrollwert bei 5 Skt. lag;
- das Hochfrequenzgerät registrierte an Herd und Kontrolle keinen Ausschlag;
- mit dem Evaporimeter wurde am Herd eine Wasserverdunstung von $39 \text{ g/m}^2\text{h}$ gemessen, an der Kontrolle nur $15 \text{ g/m}^2\text{h}$.

Die weitere Entwicklung der Werte gibt die Tabelle 8 wieder.

Tabelle 8 Entwicklung der Werte am Bingmergerät (B), Evaporimeter (E), Resonanzfrequenzgerät (R) an Herd (H) und Kontrolle (K) bei einem Psoriasispatienten

Zeit	B(H)	Differenz	B(K)	E(H)	Diff.	E(K)	R(H)	Diff.	R(K)
Aufnahmetag 1	4		5	39	- 24	15	380	-161	219
3 Tage	2,5	4,5	7	67	- 17	50	380	-161	219
9 Tage	4,5	1,5	6	41	- 12	29	326	-103	223
14 Tage	4,0	1,0	5	12	- 2	10	304	- 69	235
21 Tage	4,0	1,5	5,5	17	- 3	14	301	- 69	232

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß

- a) die Resonanzfrequenzwerte unter der Therapie stark absanken, daß sie aber nach dreiwöchiger Therapie immer noch 69 Hz über dem Normalwert lagen,
- b) am Bingmergerät ein ähnlicher Verlauf zu verzeichnen war. Die Herdwerte stiegen unter der Therapie zwar um 3 Skalenteile an, blieben aber um 1,5 Skt. unter dem Normalwert.
- c) Das Evaporimeter registrierte eine stetige Annäherung der Herdwerte an den Normalwert. Die Differenz zwischen beiden betrug schließlich nur noch $3 \text{ g/m}^2\text{h}$.

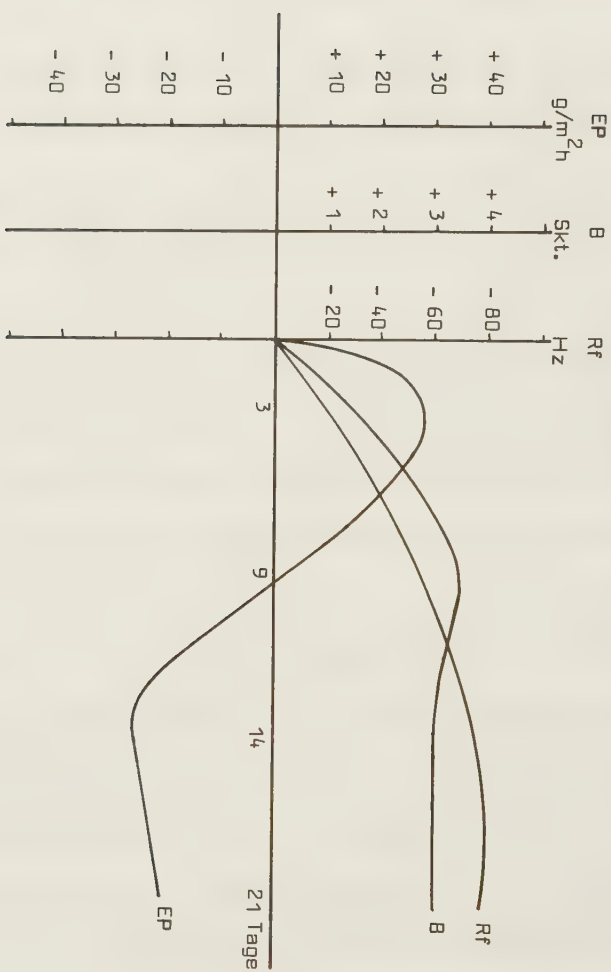
Die Wasserabgabe der Haut hatte sich also nach drei Wochen wieder annähernd normalisiert. Dem vom Bingmergerät und besonders vom Resonanzfrequenzgerät registrierten Unterschied zwischen erkrankter und gesunder Haut nach drei Wochen entsprach der klinische Befund: immer noch waren die Herde von der gesunden Haut deutlich abgegrenzt, aber nicht mehr erhaben und nur noch leicht gerötet.

Abbildung 18 zeigt synchron die Entwicklung der Herdwerte unter der Therapie gemessen mit den vier Geräten. Auf der Abszisse ist die Zeit in Tagen aufgetragen. Der Schnittpunkt von Abszisse und Ordinate entspricht dem bei der stationären Aufnahme am Herd gemessenen Ausgangswert des jeweiligen Gerätes. Die Werte wurden in negativen Differenzen bei Absinken unter den Ausgangswert und in positiven bei Anstieg über den Ausgangswert aufgetragen. Lediglich bei den Resonanzfrequenzwerten wurde die umgekehrte Auftragsweise gewählt, um einen direkteren Vergleich mit dem Bingmergerät zu ermöglichen. Die jeweilige Maßeinheit ist auf parallelen Ordinaten angegeben.

Einem steilen Absinken der Resonanzfrequenz in den ersten 14 Tagen entsprach am Bingmergerät ein starker Anstieg der Werte. Danach blieben die Werte an beiden Geräten nahezu unverändert. Beim Evaporimeter fand sich

Abb. 18

Entwicklung der Werte von Evaporimeter, Bingham- und Resonanzfrequenzgerät bei Psoriasis vulgaris
Beispiel 1



in den ersten drei Tagen ein positiver Gipfel (der auch an der nicht befallenen Haut zu messen war). Anschließend verlief die Kurve in typischer Weise, wie bei der Mittelwertbetrachtung beschrieben. Die Wasserabgabe der erkrankten Haut sank kontinuierlich ab und blieb nach 14 Tagen konstant. Am Niederfrequenzgerät wurden keine meßbaren Veränderungen registriert.

Betrachtung der Meßverfahren von Bingmergerät und Evaporimeter im Vergleich zum Resonanzfrequenzmeßgerät bei Psoriasis vulgaris

a) Relation zwischen Bingmer- und Resonanzfrequenzgerät

Da mit den einzelnen Geräten charakteristische Werte bei der Messung von Psoriasisefloreszenzen gefunden werden konnten, ergab sich die Frage, ob zwischen den Methoden eine Beziehung hergestellt werden konnte.

In Abbildung 19 sind auf der Ordinate die Bingmerwerte in Skalenteilen und auf der Abszisse die Werte der Resonanzfrequenz in Hertz gegeneinander aufgetragen. Es läßt sich folgende Beziehung zwischen beiden Methoden aufzeigen:

Hohen Resonanzfrequenzwerten können niedrige des Bingmergerätes zugeordnet werden, niedrigen Resonanzfrequenzwerten hohe Bingmerwerte. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist eine lineare Beziehung zwischen diesen beiden Methoden festzustellen.

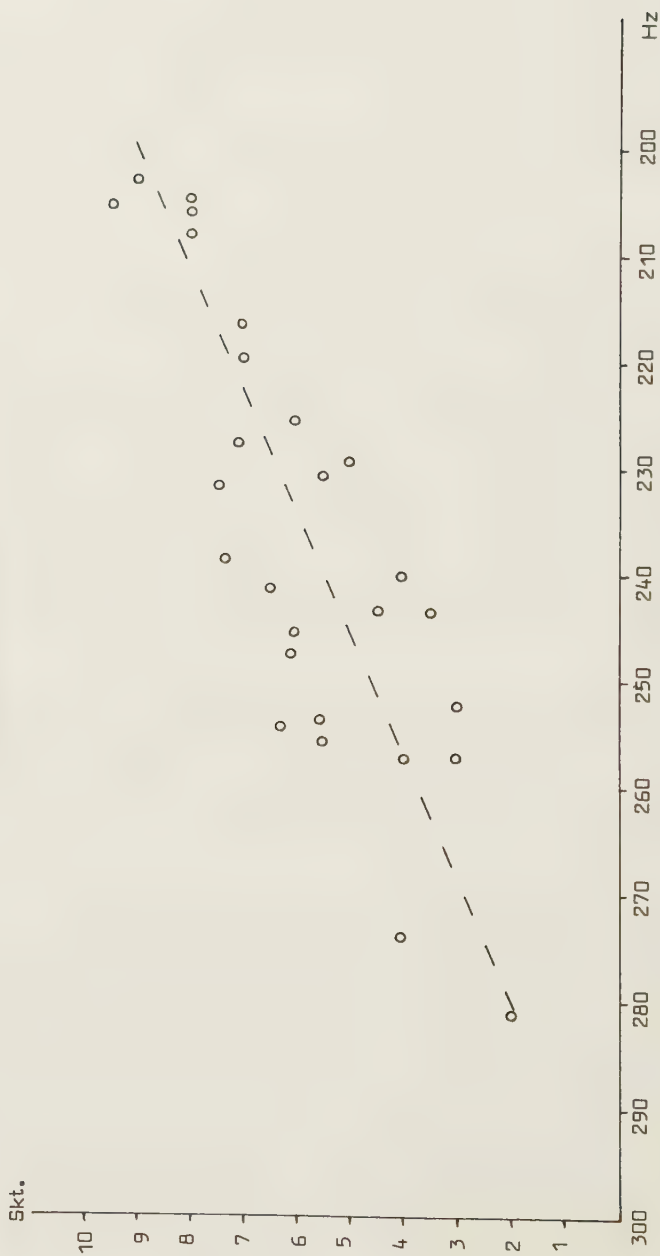
b) Relation zwischen Evaporimeter und Resonanzfrequenzgerät

Diese Beziehung ist graphisch in Abbildung 20 dargestellt, auf der Abszisse wiederum die Resonanzfrequenz in Hertz und auf der Ordinate die Werte des Evaporimeters in $\text{g/m}^2\text{h}$.

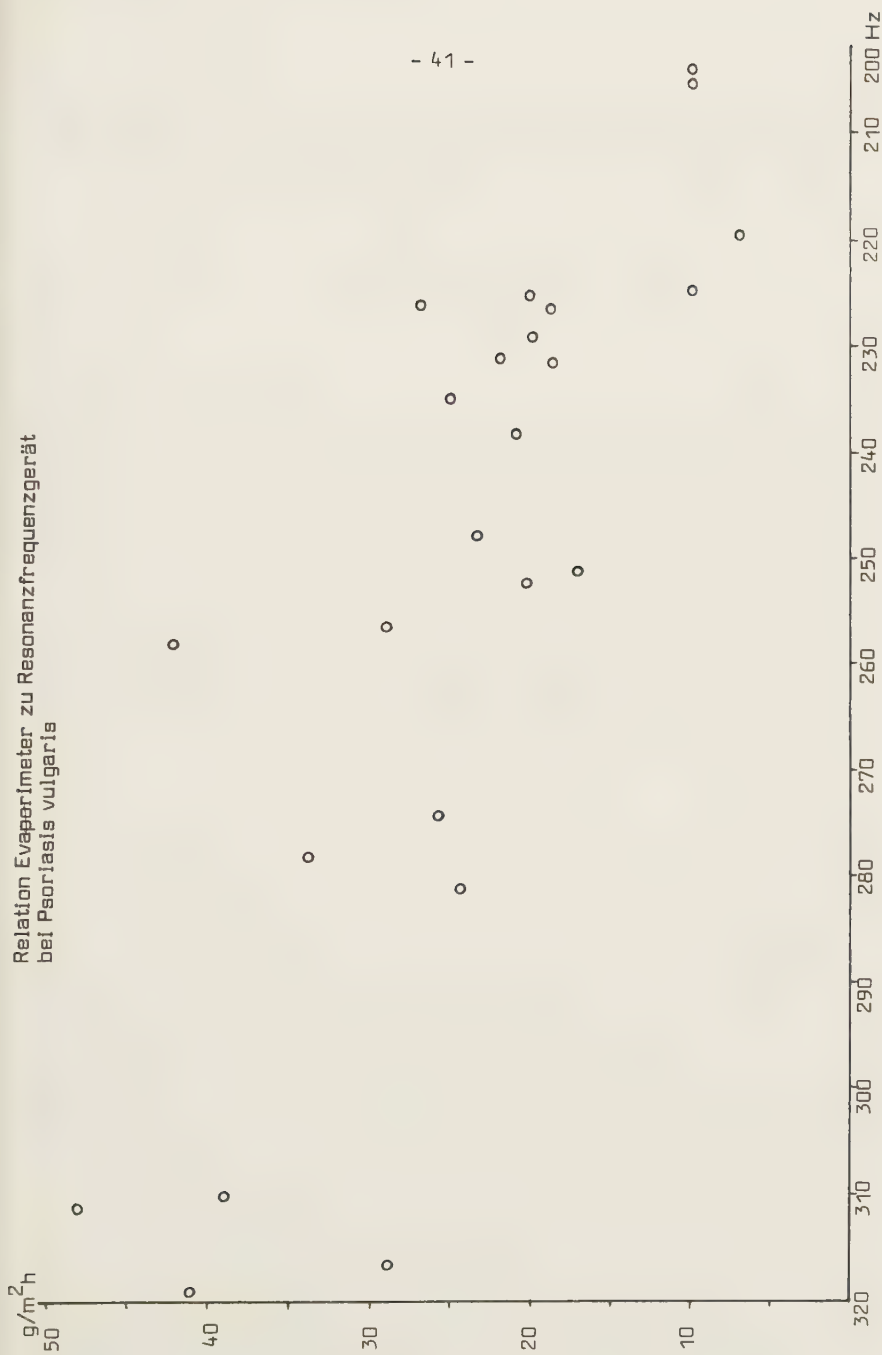
Bei Eintragung der Einzelwerte läßt sich keine Linearität feststellen. Es entsprechen sowohl hohe als auch niedrige Resonanzfrequenzwerte gleichen Evaporimeterwerten. Zwar sinken die Evaporimeter- und die Resonanzfrequenz-

Abb. 19

Relation Blingmer- zu Resonanzfrequenzgerät
bei Psoriasis vulgaris



Relation Evaporimeter zu Resonanzfrequenzgerät
bei Psoralea vulgaris



werte unter der Therapie ab. Dies entspricht sich jedoch nicht soweit, daß ein definierter Abfall der Resonanzfrequenz notwendigerweise einen entsprechenden Abfall am Evaporimeter zur Folge hat.

2. Messung bei Patienten mit chronischem Ekzem

Versuchsablauf

Diese Untersuchung wurde an 15 Patienten durchgeführt, die wegen eines chronischen Ekzems mit üblichen Externa stationär behandelt werden mußten (hauptsächlich Patienten mit endogenem Ekzem). Als Meßpunkt wurde eine Stelle mit ausgeprägter Lichenifikation und Rötung am Unterarm festgelegt und über die Dauer von durchschnittlich 10 Tagen mit allen vier Geräten gemessen. Der Normalwert (als Wert der gesunden Haut) wurde möglichst in der Nähe der oben beschriebenen Hautstelle jeweils mitgemessen. Die Messungen wurden in drei tägigem Abstand vorgenommen.

Ergebnisse

a) Mittelwerte mit dem Bingmergerät bei chronischem Ekzem (s_x =Standardabweichung)

Der gemittelte Herdwert von 15 Patienten betrug vor Einsetzen der stationären Therapie 4,0 ($s_x=1,29$) Skalenteile und der entsprechende Normalwert 6,6 Skt. ($s_x=1,1$). Unter der Behandlung kam es nach vier Tagen zu einem Anstieg der am Herd gemessenen Werte auf 6,25 Skt. ($s_x=1,2$). Nach sieben Tagen war ein Absinken auf zunächst 5,1 Skt. ($s_x=1,82$) und weiter nach zehn Tagen auf 4,95 Skt. ($s_x=1,4$) zu verzeichnen. Der Normalwert schwankte in der gleichen Zeit unwesentlich um den Ausgangswert.

Die beiden Kurven in Abbildung 21 von Normal- und Herdwerten sind in ihrer Tendenz sehr ähnlich. Am Herd war zwar die Trockenheit nach zehn Tagen Behandlung gebessert (1,25 Skt. über dem Wert vor der stationären Behand-

Skt. Abb. 21

Entwicklung der Bingmerwerte an Herd und Kontrolle bei chronischem Ekzem

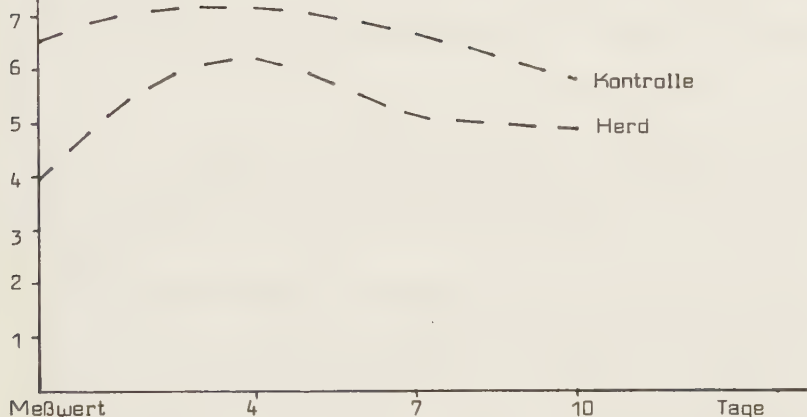
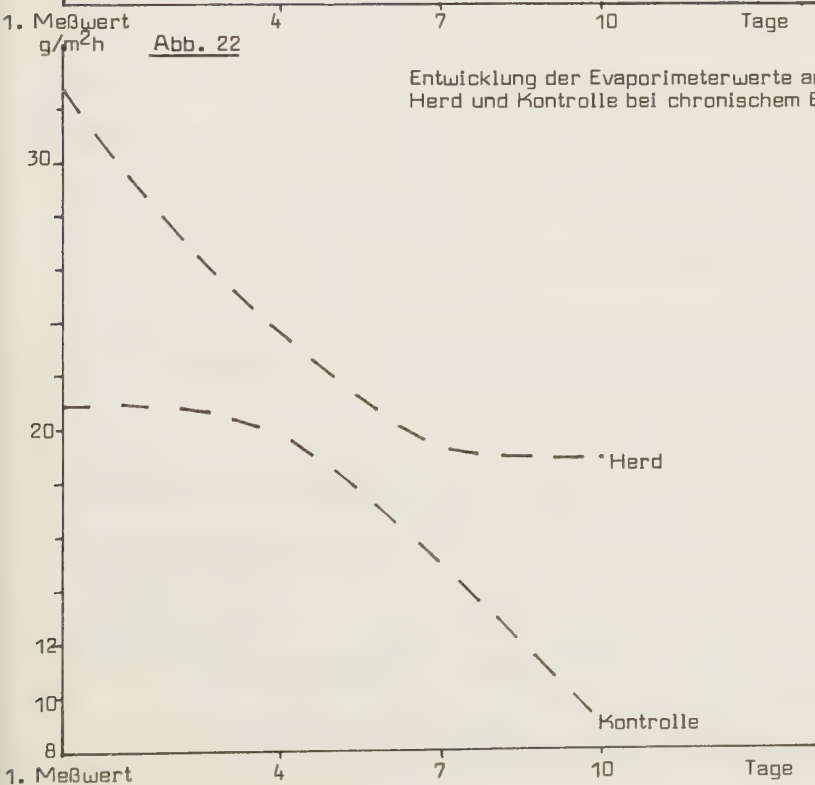


Abb. 22

Entwicklung der Evaporimeterwerte an Herd und Kontrolle bei chronischem Ekzem



lung), doch konnte das Niveau des gebesserten Hautzustandes, das bereits nach vier Tagen erreicht war, nicht gehalten werden. Offensichtlich setzte sich die trockene Haut als Konstitutionsmerkmal bei endogenem Ekzem bei Umsetzen der Therapie auf indifferente Externa sowohl an nicht explizit befallener Haut (Normalwert) als auch am Herd wieder durch.

b) Mittelwerte mit dem Evaporimeter bei chronischem Ekzem

Mit dem Evaporimeter ließ sich nachweisen, daß über den typischen Ekzem-
effloreszenzen die Wasserabgabe der Haut erhöht war. Der Durchschnittswert von 15 Patienten lag bei deren stationärer Aufnahme bei $32,8 \text{ g/m}^2\text{h}$ ($s_x=11,6$), der Normalwert bei $21 \text{ g/m}^2\text{h}$ ($s_x=11,0$). Verfolgt man von diesen beiden Ausgangswerten die Entwicklung der Wasserabgabe unter der Therapie (Abbildung 22) so sieht man, daß beide Werte stark abfallen: Der Herdwert war bereits nach vier Tagen um 9 auf $23,8 \text{ g/m}^2\text{h}$ ($s_x=11,2$) gefallen und pendelte sich dann bei $19 \text{ g/m}^2\text{h}$ ($s_x=11,2$) ein. Der Normalwert fiel von 21 bis auf $9 \text{ g/m}^2\text{h}$ ($s_x=4,7$) ab. Die Wasserabgabe der Haut sank demnach unter der Therapie am Herd und an der nicht befallenen Haut ungefähr um den gleichen Betrag ab.

c) Mit dem Niederfrequenzgerät waren wie bei der Psoriasis vulgaris keine Meßergebnisse zu erzielen.

d) Mittelwerte mit dem Resonanzfrequenzgerät bei chronischem Ekzem

Über dem ekzematös veränderten Hautbezirk lag das Resonanzfrequenzmaximum zu Anfang bei 243 Hertz ($s_x=15$) und an der Kontrollstelle bei 215 Hertz ($s_x=15,9$). Nach zehn Tagen hatten sich der Herdwert und der Kontrollwert stark einander genähert: der Herdwert betrug jetzt 218 Hertz ($s_x=9,7$) gegenüber 215 Hertz ($s_x=9,7$) an der normalen Haut.

Diese Werte sind das Ergebnis eines kontinuierlichen Abfalles der Resonanz-

frequenz unter der Behandlung. Sie stimmten mit dem klinischen Befund im wesentlichen überein (17).

Betrachtung des typischen Verlaufes aller Methoden am Beispiel eines Patienten mit endogenem Ekzem

Bei diesem Patienten fanden sich bei der Aufnahme über den Körper verstreut, besonders ausgeprägt an den Unterarmen rote, unregelmäßig begrenzte flächenhafte Herde mit Lichenifikation. Die übrige Haut war insgesamt sehr trocken.

Vor Beginn der stationären Behandlung registrierten die Geräte die Ausgangswerte, die in der Tabelle 9 unter der Rubrik "Aufnahmetag" zusammengestellt sind.

Der Bingmerwert am Herd lag zu diesem Zeitpunkt um 2 Skt. unter dem Kontrollwert, die Wasserabgabe um $34 \text{ g/m}^2\text{h}$ über der an normaler Haut, der Resonanzfrequenzwert um 67 Hertz über dem Normalwert. Unter dem Einfluß der Therapie sanken die Resonanzfrequenzwerte am Herd von 302 auf 225 Hertz ab, die Wasserabgabe von 66 kontinuierlich bis auf $20 \text{ g/m}^2\text{h}$, während die Bingmerwerte nach anfänglichem Anstieg unter den Ausgangswert abfielen. Bei diesem Patienten wurde die Haut, die nicht ekzematös verändert war, nach den Meßwerten der Geräte und nach dem klinischen Aspekt im Bezug auf die Trockenheit stark gebessert (s. Tabelle 9). Auch am Herd zeigten die Geräte eine deutliche Besserung an (Normalisierung der Wasserabgabe, Besserung der Lichenifikationen, die wohl am ehesten durch das Resonanzfrequenzgerät erfaßt wurden). Das Bingmergerät zeigte allerdings noch eine starke Trockenheit des Ekzemherdes an.

Tabelle 9 Entwicklung der Werte am Bingmergerät (B), Evaporimeter (E), Resonanzfrequenzgerät (R) am Herd (H) und Kontrolle (K)

Zeit	B(H)	Diff.	B(K)	E(H)	Diff.	E(K)	R(H)	Diff.	R(K)
Aufnahmetag	4,5	-2	6,5	66	+34	32	302	-67	235
4 Tage	8,5	+0,5	8,0	38	+13	25	227	-15	212
7 Tage	4,5	-3,0	7,5	23	+18	5	225	-30	195
10 Tage	3,0	-5,0	8,0	20	+13	7	225	-13	212

Die Verläufe der Herdwerte sind in Abbildung 23 über einen Zeitraum von 10 Tagen synchron dargestellt; auf der Abszisse wurde die Zeit in Tagen und auf der Ordinate die jeweiligen Maßeinheiten der Geräte aufgetragen.

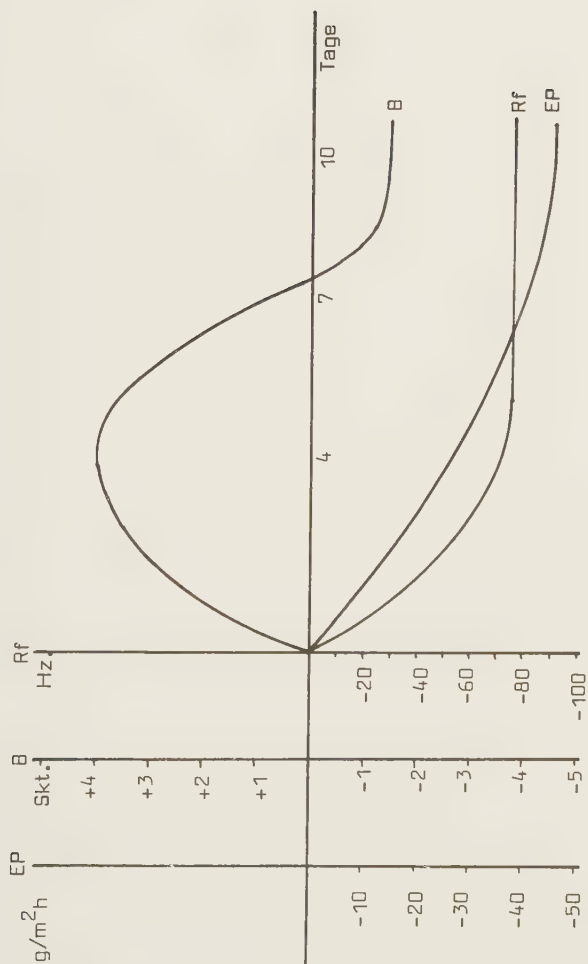
Wie schon bei der Betrachtung der Mittelwerte des Bingmergerätes bei chronischem Ekzem erwähnt, sinken die Bingmerwerte in der Regel nach anfänglicher Besserung wieder in Richtung auf den Ausgangswert ab (s. S. 42). Dieses Verhalten der Bingmerwerte war auch bei diesem Patienten im Prinzip zu beobachten, nur fielen hier die Werte sogar unter den Ausgangswert am Herd ab.

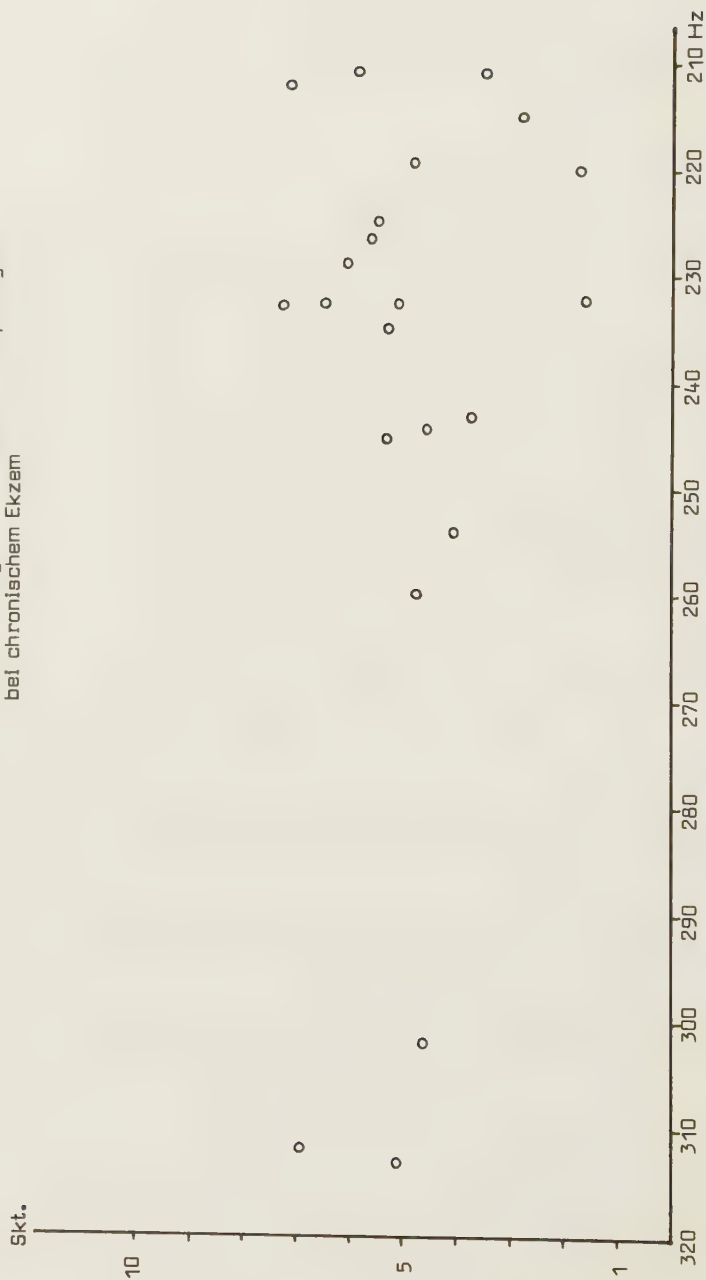
Betrachtung der Meßverfahren von Bingmergerät und Evaporimeter im Vergleich zum Resonanzfrequenzgerät bei endogenem Ekzem

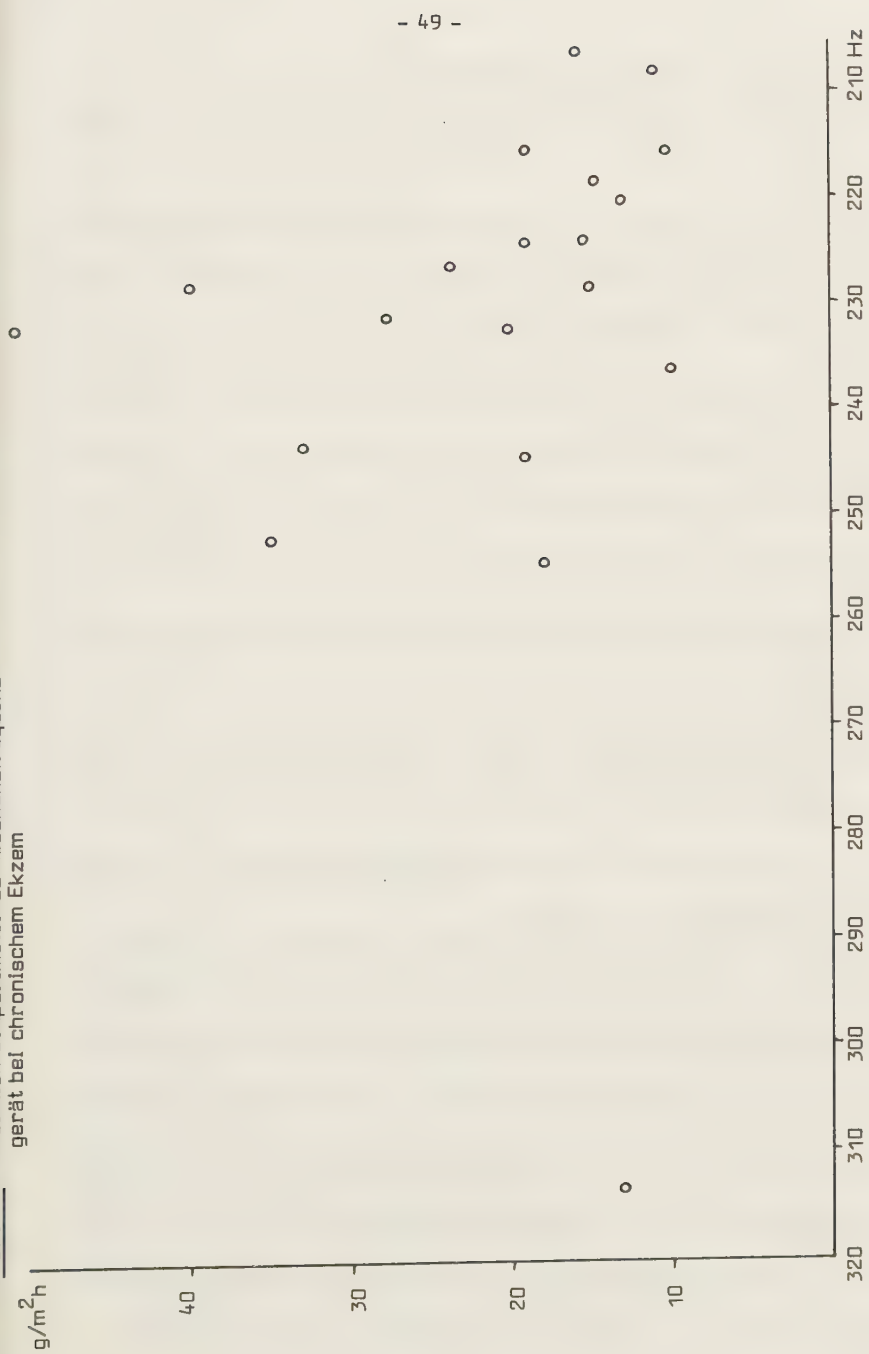
Wie aus den Abbildungen 24 und 25 hervorgeht, konnte keine lineare Beziehung zwischen dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät bzw. dem Evaporimeter festgestellt werden.

Es muß jedoch erwähnt werden, daß in der Regel bei den chronischen Ekzemen hohen Resonanzfrequenzwerten auch hohe Werte am Evaporimeter entsprachen, die Wasserabgabe an der erkrankten Haut sank dann ebenso wie die Resonanzfrequenz ab.

Entwicklung der Werte von Evaporimeter, Bingham-
und Resonanzfrequenzgerät bei chronischem Ekzem



Relation Bingmer- zu Resonanzfrequenzgerät
bei chronischem Ekzem



DISKUSSION DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

a) Die einzelnen Methoden bei Hornschichthydratation mittels eines Wasserbades

Die starke initiale Wasseraufnahme der Hornschicht nach fünfzehnminütigem Wasserbad wird vom Bingmer-, Niederfrequenz- und vom Resonanzfrequenzgerät in gleicher Weise deutlich registriert. Dieser Wasseraufnahme entspricht eine gleichzeitig einsetzende Wasserabgabe, die man am Evaporimeter ablesen kann. Diese weit über die Norm erhöhte Wasserabgabe der Haut zeigt, daß die Haut das Hydrationswasser nicht über längere Zeit binden kann. Entsprechend sinken die Werte an den Geräten, die den Wassergehalt der Hornschicht anzeigen. Dabei zeigen die Geräte ein unterschiedliches Verhalten:

Man kann aufgrund der Ergebnisse jeweils zwei Geräte zu einer Gruppe zusammenfassen,

1. Das Resonanzfrequenzgerät und das Bingmergerät, welche unter diesen Versuchsbedingungen den Hydrationszustand innerhalb der Hornschicht erfassen.
2. Das Niederfrequenzgerät und das Evaporimeter, welche den Zustand an der Hautoberfläche wiedergeben.

Nach der Hornschichthydratation durch ein Wasserbad zeigen die beiden Gruppen eine unterschiedliche Entwicklung innerhalb der Hornschicht und an der Hautoberfläche an. Die Geräte der Gruppe 1 zeigen an, daß nach 15 Minuten noch ein erhöhter Wassergehalt der Hornschicht besteht. Die Geräte der Gruppe 2 zeigen zur gleichen Zeit einen normalisierten Feuchtigkeitsgehalt unmittelbar an der Hautoberfläche sowie eine nahezu normale Verdunstungsrate an. Nach dreißig bis fünfzig Minuten zeigen das Bingmer- und das Resonanzfrequenzgerät übereinstimmend an, daß der Wassergehalt der Haut unter den Ausgangswert abgesunken ist, d. h. es hat über-

schießend eine Austrocknung der Haut stattgefunden. Evaporimeter und Niederfrequenzgerät sind dagegen im Bereich der Ausgangswerte, geben also den reaktiven Austrocknungsvorgang nicht wieder.

Wasser, das durch ein Bad der Haut zugeführt wird, kann von ihr nicht über längere Zeit festgehalten werden. Es wird von der Haut relativ schnell wieder abgegeben, und es kommt zu einer überschießenden Wasserabgabe im Sinne einer Austrocknung.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich das Bingmer- und das Resonanzfrequenzgerät besonders eignen, den Zustand der Hornschichthydratation zu objektivieren. Eine lineare Beziehung zwischen diesen beiden Methoden konnte nachgewiesen werden.

Da zwischen Evaporimeter und Niederfrequenzgerät in Bezug zum Resonanzfrequenzgerät keine Linearität bestand, der Kurvenverlauf von Evaporimeter und Niederfrequenzgerät aber nahezu identisch war, lag es nahe, der Vermutung von WAGENER (30) zu folgen, der annahm, daß der Wechselstromwiderstand der Haut von Veränderungen des Elektrolyt- und Feuchtigkeitsgehaltes an der Hautoberfläche bestimmt wird. Dies bestätigte sich auch durch die Ergebnisse der Hornschichthydratation nach Emulsioneinwirkung.

b) Die einzelnen Methoden bei Hornschichthydratation mittels einer W/Ö-Emulsion

Das Auftragen einer Emulsion führte in der Anfangsphase bei allen vier Geräten zu Meßergebnissen, die denen beim Quellungsversuch vergleichbar waren. Das Resonanzfrequenz- und das Bingmergerät zeigten einen erhöhten Wassergehalt der Haut an, das Niederfrequenzgerät und das Evaporimeter einen erhöhten Wassergehalt der Hautoberfläche bzw. eine erhöhte Wasserverdunstung.

Gegenüber dem Quellungsversuch sind die Abweichungen vom Ausgangswert am Evaporimeter, am Bingmer- und Niederfrequenzgerät niedriger, für das Resonanzfrequenzgerät dagegen höher. Im weiteren bilden sich wieder zwei Gerätegruppen aus, die in ihrem Kurvenverlauf ähnlich sind. Die Werte von Evaporimeter und Niederfrequenzgerät sinken im Versuchszeitraum langsam wieder auf den Ausgangswert ab; ihre Kurven verlaufen, wie aus Abbildung 15 hervorgeht, parallel. Offensichtlich wird auch hier der Wechselstromwiderstand der Haut durch den Feuchtigkeitsgehalt und die Elektrolyte an der Hautoberfläche bestimmt. Wasserabgabe und Feuchtigkeitsgehalt der Hautoberfläche normalisieren sich also im Versuchszeitraum wieder, wenn auch ein charakteristischer Unterschied zum Quellungsversuch besteht:

Die Emulsion erzeugt bei beiden Geräten eine flachere Kurve als bei Hornschichthydratation mittels eines Wasserbades.

Das Resonanzfrequenz- und das Bingmergerät bilden ebenfalls parallele Kurven aus. Die Werte beider Geräte bleiben relativ konstant unter bzw. oberhalb des Ausgangswertes und zeigen einen erhöhten Wassergehalt über den gesamten Versuchszeitraum in der oberen Hornschicht an.

Durch das Einmassieren der Creme wird der Haut Wasser zugeführt. Ein Teil dieses Wassers wird relativ schnell wieder von der Haut abgegeben. Anders als beim Quellungsversuch wird jedoch der größere Teil des Wassers von der Haut festgehalten. Dies ist offensichtlich eine Folge der lipophilen Substanzen der Creme. Bei weiterhin erhöhtem Wassergehalt der Haut sind dann die Wasserabgabe und die Feuchtigkeit an der Hautoberfläche im Normbereich.

Den Hautzustand und seine Entwicklung nach Einwirkung einer Creme gibt am empfindlichsten das Resonanzfrequenzgerät wieder. Die Veränderungen in Bezug zum Ausgangswert sind gegenüber den anderen Geräten am deutlichsten. Das Bingmergerät gibt diese Verhältnisse ähnlich ausgeprägt wieder. Das Evaporimeter und das Niederfrequenzgerät sind

geeignet, in Kombination mit dem Resonanzfrequenzgerät oder dem Bingmergerät das Eindringvermögen einer Emulsion in die Haut festzustellen. Je eher die Wasserabgabe und der Feuchtigkeitsgehalt der Hautoberfläche sich wieder normalisieren, bei noch deutlich erhöhtem Wassergehalt der Hornschicht, desto besser ist die Fähigkeit der Emulsion, der Haut über längere Zeit Feuchtigkeit zuzuführen.

c) Besprechung der Ergebnisse bei experimentell erzeugter Austrocknung der Haut

Austrocknung der Haut kann nur mit dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät erfaßt werden. Das Bingmergerät reagiert mit einem Absinken unter den Normalwert, die Resonanzfrequenzmessung mit einem Anstieg über den Normalwert. Das Evaporimeter zeigt in der Regel eine verminderte Wasserabgabe der Haut.

d) Resultate mit den einzelnen Geräten bei Psoriasis vulgaris

Am Psoriasisherd registrierte das Bingmergerät einen erheblich niedrigeren Meßwert als an der Kontrollstelle. Nach dreiwöchiger Therapie konnte dann kein Unterschied mehr zwischen Herd und Kontrolle gemessen werden.

Das Maximum der Resonanzfrequenz war an der Psoriasiseffloreszenz weit in hohe Frequenzbereiche verschoben. Trotz kontinuierlichen Absinkens der Resonanzfrequenzmaxima wurden auch nach drei Wochen am Herd noch abnorm hohe Werte gemessen. An dem pathologisch veränderten Hautareal wurde mit dem Evaporimeter eine stark erhöhte Wasserabgabe der Haut gemessen, die sich auch unter der Therapie nicht vollständig normalisierte. Ähnlich hohe Werte der Wasserabgabe fanden sich zum Beispiel nach Eincremen der Haut mit einer W/Ö-Emulsion, wo gleichzeitig ein hoher Wassergehalt der Haut mit den anderen Geräten zu messen war. In diesem Fall entsprachen jedoch hohe

Evaporimeterwerte, d. h. eine hohe Wasserabgabe der Haut, nicht einem hohen Wassergehalt der Haut, sondern im Gegenteil, wie am Bingmer- und Resonanzfrequenzgerät ablesbar, einem sehr trockenen Hautzustand. Das Niederfrequenzgerät korrelierte in diesem Fall nicht, wie bei den experimentell erzeugten Hydratationszuständen der Haut mit dem Evaporimeter. Die Werte am Niederfrequenzgerät lagen konstant bei null, konnten also den Heilungsverlauf nicht wiedergeben. Der Wechselstromwiderstand der Haut reagierte somit weder meßbar auf Konsistenzänderungen noch war er zwingend abhängig von der Wasserverdunstung an der Hautoberfläche. Da das Gerät Hydratationszustände innerhalb der Hornschicht ebenfalls nicht ausreichenderfaßte, scheinen Veränderungen des Wechselstromwiderstandes vornehmlich durch Feuchtigkeitsverschiebungen an der Hautoberfläche bewirkt zu werden.

Wie die Hydratationsversuche zeigten, reagierte das Bingmergerät auf Feuchtigkeitsveränderungen innerhalb der Hornschicht. Entsprechend gaben die an der Psoriasiseffloreszenz gewonnenen Werte eine starke Austrocknung der Haut wieder (siehe auch bei endogenem Ekzem).

Die Resonanzfrequenz gab den gleichen Sachverhalt wieder, stieg aber viel höher an, als allein durch Austrocknung bedingt sein könnte, d. h. dem hohen Resonanzfrequenzanstieg muß mehr als nur Trockenheit zugrunde liegen. Es bietet sich an, hierfür die Hyper- und Parakeratose sowie die Akanthose verantwortlich zu machen. Die Trockenheit der Haut scheint sich unter der Therapie ziemlich vollständig zu normalisieren (die Bingmerwerte gehen auf den Ausgangswert), während die Hyper- und Parakeratose nach dreiwöchiger Therapie noch nicht vollständig verschwunden ist. Mit dem Resonanzfrequenzgerät ist korrelierend zum klinischen Befund noch ein Elastizitätsverlust der Haut nachweisbar.

Die erhöhte Wasserabgabe der Haut ist darauf zurückzuführen, daß es sich um einen entzündlichen Prozeß mit Vasodilatation und Permeabilitätssteige-

rung der Gefäße sowie um Hornschichtveränderungen handelt. Dass diese entzündliche Komponente mit Hyper- und Parakeratose gegen Ende des stationären Aufenthaltes nicht vollständig abgeklungen ist, zeigen korrelierend die erhöhten Resonanzfrequenz- und Evaporimeterwerte.

Da mit der Resonanzfrequenzmessung sowohl trockene und feuchte Hautzustände als auch durch Entzündung und Konsistenz bedingte Veränderungen zu erfassen sind, eignet sich diese Methode am besten, um den Schweregrad und den Verlauf der Psoriasis vulgaris zu beurteilen. Das Bingmergerät und das Evaporimeter geben zwar Parameter wieder, die bei der Psoriasis vulgaris pathologisch verändert sind, vermögen jedoch jeweils nicht allein, den Krankheitsverlauf wiederzugeben, da einerseits die entzündliche Komponente der Erkrankung nicht vom Bingmergerät und andererseits der Austrocknungszustand nicht vom Evaporimeter erfaßt wird.

e) Besprechung der Ergebnisse bei endogenem Ekzem

Bei endogenem Ekzem bestand eine erhebliche Differenz zwischen den Bingmerwerten an Herd und Kontrolle; der Herdwert lag deutlich unter dem Normalwert. Nimmt man die Bingmerwerte als Maß für den Wassergehalt der oberen Hautschichten, so besserte sich unter der Therapie die Austrocknung der Haut zunächst erheblich, setzte sich jedoch dann wieder auf einem gebesserten Niveau (gegenüber dem Ausgangswert am Herd) durch. Es war bemerkenswert, daß dieses erneute Absinken der Bingmerwerte zu dem Zeitpunkt erfolgte, als auf indifferente Externa übergegangen wurde. Dieser Effekt war auch an der normalen Haut zu beobachten.

Das Resonanzfrequenz- und das Bingmergerät zeigten bei endogenem Ekzem charakteristische Unterschiede. Die Resonanzfrequenzwerte lagen am Herd deutlich höher als an der normalen Haut, sie fielen dann stetig ab, erreichten jedoch nicht den Kontrollwert. Es läßt sich daraus schließen, daß sich die

entzündlichen Veränderungen an der Haut, die im wesentlichen vom Resonanzfrequenzgerät erfaßt werden, unter der Therapie bessern. Die trockene Haut als Konstitutionsmerkmal des endogenen Ekzematikers ist dagegen relativ therapieresistent. Hier läßt sich zwar eine Besserung erzielen, aber das Bingmergerät zeigt weiter einen zu trockenen Hautzustand an Herd und Kontrolle an.

Dieses abweichende Verhalten zur Resonanzfrequenz belegt zudem, daß das Bingmergerät nicht auf Konsistenzänderungen der Epidermis reagiert, sondern lediglich auf den unterschiedlichen Wassergehalt der oberen Hornschichten.

Das Evaporimeter zeigt wie bei der Psoriasis vulgaris eine gesteigerte Wasserabgabe am Herd gegenüber der Kontrollstelle. Selbst die Wasserabgabe an der Kontrollstelle ist jedoch gegenüber Probanden ohne jegliche Hauterkrankung noch deutlich erhöht. So ist es nicht verwunderlich, daß unter der Therapie beide Werte der Wasserabgabe an Herd und Kontrolle gleichermaßen stark absinken.

Da die entzündlichen Veränderungen beim endogenen Ekzem lediglich Einfluß auf die Resonanzfrequenz nehmen, eignet sich die Resonanzfrequenz als einzige von den verwendeten Methoden, diese Erkrankung zu objektivieren. Die Trockenheit der Haut kann unabhängig von den entzündlichen Veränderungen mit dem Bingmergerät festgestellt werden.

Da die Resonanzfrequenz sowohl von entzündlichen Veränderungen als auch von der Trockenheit der Haut beeinflußt wird, soll hier darauf hingewiesen werden, daß eine Unterscheidung, ob es sich um eine Verschiebung des Resonanzfrequenzmaximums aufgrund einer trockenen bzw. feuchten Haut oder um eine Verschiebung des Maximums aufgrund einer Konsistenzänderung der Haut, z.B. durch eine Hyper- und Parakeratose, handelt, dadurch möglich ist, daß man die Kurvenform selbst betrachtet. Ausführlich wird dies in der Dissertation von v. Speth (17) abgehandelt.

Alle Verschiebungen des Resonanzfrequenzmaximums, bei denen die Normalkurve erhalten bleibt, d. h. ein Anstieg von der Nulllinie aus mit Ausbildung eines klaren Maximums und sofortigem Absinken wieder auf die Nulllinie, sind durch Veränderungen des Wassergehaltes der Haut hervorgerufen. Liegt eine Konsistenzänderung der Haut vor oder ist diese zusätzlich zu einer trockenen Haut vorhanden, findet sich folgendes:

1. Die Verschiebungen der Resonanzfrequenz zu den hohen Frequenzen sind sehr viel deutlicher.
2. Es liegt zunächst eine Plateauphase vor, dann bildet sich ein leichtes Maximum aus und erst am Ende der Therapie, wenn die Konsistenzänderung gebessert ist, entsteht annähernd eine Normalkurve. Es ist somit mit dem Resonanzfrequenzgerät gut zu unterscheiden, ob sich die Frequenzverschiebung aufgrund eines veränderten Wassergehaltes der Haut oder aufgrund einer Konsistenzänderung vollzogen hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen galten der Frage, wie bei paralleler Anwendung an gleichem Patientengut das Bingmergerät, das Niederfrequenzgerät, das Evaporimeter und das Resonanzfrequenzgerät Hydratations- bzw. Austrocknungszustände auf der einen und Konsistenzänderungen auf der anderen Seite wiedergeben würden.

Es zeigte sich, daß bei der Messung von Hydratationszuständen der Hornschicht das Resonanzfrequenz- und das Bingmergerät übereinstimmend den Quellungszustand innerhalb der Hornschicht erfaßten, während das Niederfrequenzgerät und das Evaporimeter lediglich Veränderungen an der Hautoberfläche (Feuchtigkeitsgehalt und Verdunstungsrate) wiedergaben, die nur eine bedingte Aussage über den Quellungszustand der Haut erlauben. Sie sind dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät in ihrer Aussagekraft deutlich unterlegen.

Austrocknungszustände der Haut lassen sich nur mit dem Resonanzfrequenz- und dem Bingmergerät nachweisen.

Bei der Messung von Konsistenzänderungen der Epidermis auf Grund einer Psoriasis vulgaris wurde wiederum eine Korrelation zwischen Bingmergerät und der Resonanzfrequenzmessung festgestellt, wobei sich die durch das Bingmergerät erfaßte Austrocknung der Haut unter der Therapie vollständig zurückbildete, während die noch erhöhten Werte der Resonanzfrequenz gegen Ende der Therapie zum Ausdruck brachten, daß bei den Patienten mit chronischer Psoriasis die entzündlichen Prozesse nicht vollständig zum Rückgang gebracht werden konnten. Die Verfolgung dieser pathologischen Hautzustände unter der Therapie ist mittels der hier geprüften vier Geräte nur mit dem Resonanzfrequenzgerät möglich. Ergänzende Funktion haben das Bingmergerät (Verfolgung der Austrocknung der Haut) sowie das Evaporimeter, mit dem eine erhöhte Wasserabgabe von der Haut bei entzündlichen Hautpro-

zessen nachgewiesen werden konnte.

Diese Ergebnisse gelten ebenso für das chronische Ekzem. Lediglich das Bingmergerät verhielt sich abweichend. Im Unterschied zur Resonanzfrequenz zeigten seine Werte keine Besserung an, d. h. die Austrocknung der Haut besonders bei endogenem Ekzem erwies sich als therapieresistent. Durch dieses von der Resonanzfrequenzmessung abweichende Verhalten des Bingmergerätes wurde deutlich, daß das Bingmergerät lediglich auf den Wassergehalt in den oberen Hornschichten anspricht, Konsistenzveränderungen der Epidermis dagegen keinen Einfluß auf die Meßergebnisse haben.

LITERATURVERZEICHNIS

1. BETZ, E. Die kombinierte qualitative und quantitative Bestimmung der lokalen Hautwasserabgabe, Arch. phys. Ther. 7, 312-317 (1955)
2. BINGMER, K. Meßmethode zur Bestimmung des Wassergehaltes und der Wasserbindung in der Haut. Kosmetische Monatsschrift 14 H. 11, 13-14 (1965)
3. COLORA GmbH Evaporimeter Ep 1, Broschüre Nr. Sm 76.310 EPI, Servo Med Colora Meßtechnik GmbH
4. ECKERT, H. Zur Bestimmung der Wasserverdunstung der Haut mit einer Wasserdiffusionsmethode. Deutsche Apothekerzeitung 117. Jhg. Nr. 27, 1077-1078 (1977)
5. GREUER, W. und PEUKERT, L. Verlauf und Ergebnis einer Betriebsuntersuchung hinsichtlich des Hautzustandes der Arbeiter. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 9, 705-718 (1939)
6. GREUER, W. und PEUKERT, L. Eine Methode zur Messung des Quellungszustandes der lebenden Haut. Arch. Dermat. Syph. 179, 315-321 (1939)
7. GREUER, W. und PEUKERT, L. Eine Methode zur Messung der Feuchtigkeitsabgabe der menschlichen Haut durch Widerstandsmessung eines Halbleiters. Arch. Dermat. Syph. 179, 410-420, (1939)
8. JACOBI, D. Neue Erkenntnisse über die hygroskopischen Eigenschaften und die Benetzbarkeit der Keratinsubstanz, Kolloid-Zschr. 114 Heft 2, 88-103, (1949)

9. JAEGER, R. Die Aufgabe der Arbeitsschutzsalben in: Salben, Puder, Externa, v. Czetsch-Lindenwald/Schmidt-La Baume Springer Verlag Berlin 1950, 3. Aufl., S. 467
10. KELLER, PH. Mechanische Eigenschaften der Haut. Handbuch f. Haut- und Geschlechtskrankheiten, Erg.-Bd. 1, 3, S. 1 - 10, Springer-Verlag Berlin 1963
11. LINSE, P. Über den Hauttalg beim Gesunden und bei einigen Hauterkrankungen. Dtsch. Arch. Klin. Medizin 80, 201 - 224 (1904)
12. MURTFELD, K. H. Elastometrie der gesunden und kranken Haut. Dissertation Erlangen 1933
13. SCHNEIDER, W. Bedeutung experimenteller Untersuchungen des Lipid- und Wassergehaltes der Haut für die externe Therapie. Derm. Wschr. Bd. 147, Heft 1, 1-7 (1963)
14. SCHNEIDER, W. und SCHULEIT, H. Der Fettmantel der Haut und seine Bedeutung für die Benetzung. Arch. Dermat. Syph. 193, S. 434 - 459 (1951/1952)
15. SCHNEIDER, W. TRONNIER, H. und WAGENER, H. H. Reinigung und Pflege der Haut im Beruf unter besonderer Berücksichtigung der experimentellen und praktischen Prüfverfahren. Gottron-Schönfeld Dermatologie und Venerologie Bd. 1, 2, 1043, Stuttg. 1962
16. SCHÖLMEICH, P. und HILDEBRANDT, G. Probleme der Hautwasserabgabe und Methoden ihrer Bestimmung. Zschr. exper. Med. 115, 558 - 569 (1950)
17. VON SPETH, G. Ergebnisse von Resonanzfrequenzmessungen bei Psoriasis vulg. und chron. Ekzem. Dissertation Münster 1980

18. STÜTTGEN, G. Die normale und patholog. Physiologie der Haut. Gustav Fischer Verlag Stuttg. 1965, S. 234
19. STÜTTGEN, G. Die normale und patholog. Physiologie der Haut. Gustav Fischer Verlag Stuttg. 1965, 18-28
20. SZAKALL, A. Experimentelle Daten zur Klärung der Funktion der Wasserbarriere in der Epidermis des lebenden Menschen. Berufsdermatosen, 6, 171-192 (1958)
21. TRONNIER, H. Über die Quellung und Austrocknung der menschlichen Haut und ihre praktische Bedeutung. Parfümerie und Kosmetik 43, 336-342 (1962)
22. TRONNIER, H. Experimentelle Untersuchungen über die Feuchtigkeitsbeeinflussung der Hautoberfläche. Aesth. Med. 10. Jhrg. Heft 6, 187-194 (1961)
23. TRONNIER, H. Zur Messung der Hautoberfläche unter besonderer Berücksichtigung der Beseitigung von Falten. Parfümerie und Kosmetik 39, 589-593, (1958)
24. TRONNIER, H. und BUSSIUS, H. Neuere Untersuchungen über das Verhalten des pH-Wertes und der Alkalineneutralisation der menschlichen Haut. Arch. klin. exp. Derm. Bd. 205, 586-596 (1958)
25. TRONNIER, H. und BUSSIUS, H. Kritische Übersicht zur Frage der Messung der Resonanzfrequenz der Haut unter Berücksichtigung der Auswertung und Streubreite der Methode. Arch. klin. exp. Derm. 217, 563-576, (1963)

26. TRONNIER, H. und
BUSSIUS, H. Experimentelle Untersuchungen zur Frage der
Quellung und Austrocknung der menschlichen
Haut nach Anwendung von Waschmitteln.
Fette, Seifen, Anstrichmittel 5, 422-427
(1960)
27. TRONNIER, H.,
BUSSIUS, H. und
VOLLBRECHT, I. Über die Messung der Feuchtigkeitsabgabe der
menschlichen Haut. Parfüm. und Kosmetik 42,
13-22 (1961)
28. TRONNIER, H. und
WAGENER, H. H. Über die Frequenzleitfähigkeit der menschl-
ichen Haut. Dermatologica 104, 3, 135-151
(1952)
29. WAGENER, H.H. Helv. Physiol. Acta 18 C 3(1960)
30. WAGENER, H. H. Persönliche Mitteilung
31. WINKLER, A. und
WAGENER, H. H. Weitere Experimentalbefunde mit dem Dermato-
meter nach Bingmer. Arch. Derm. Res. 254,
287-294 Springer Verlag 1975
32. WOLF, K. Haut. Spezielle Pathologie. Büchner-Grundmann
Bd. 2, 434, München, Berlin, Wien 1975,
Urban und Schwarzenberg

An dieser Stelle möchte Ich Herrn Professor Dr. Tronnier für die Überlassung des Themas und für die wohlwollende Betreuung während der Entstehung der Arbeit danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. Wagener für seine zahlreichen Anregungen und Ratschläge.

LEBENS LAUF

Ich, Eckhard Tielke, wurde am 25. August 1947 als zweitältester Sohn des Dipl. Ing. Heinrich Tielke und seiner Frau Carola, geb. Cramer, in Dortmund geboren.

1954 wurde ich in die kath. Peter-Vischer-Schule zu Dortmund eingeschult. Nach der Grundschulzeit wechselte ich auf das Staatl. altsprachliche Gymnasium in Dortmund über, wo ich im Juli 1967 mein Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1967/1968 begann ich mit dem Studium der Philosophie an der Ruhr-Universität in Bochum. Zum Sommersemester 1971 wechselte ich an die Westfälische Wilhelms-Universität in Münster und studierte dort Medizin und Philosophie. Am 18. März 1974 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab und schloß das Medizinstudium am 27. Juni 1977 mit dem Staatsexamen ab.

Nach Ableistung meiner Medizinalassistentenzeit in Dortmund, während der ich vier Monate in der Hautklinik der Städt. Kliniken in Dortmund unter Professor Dr. Tronnier tätig war, arbeite ich jetzt seit Anfang 1979 auf der Inneren Abteilung des St. Johannes-Hospitals in Dortmund.

Die Approbation erfolgte am 5.1.1979.

